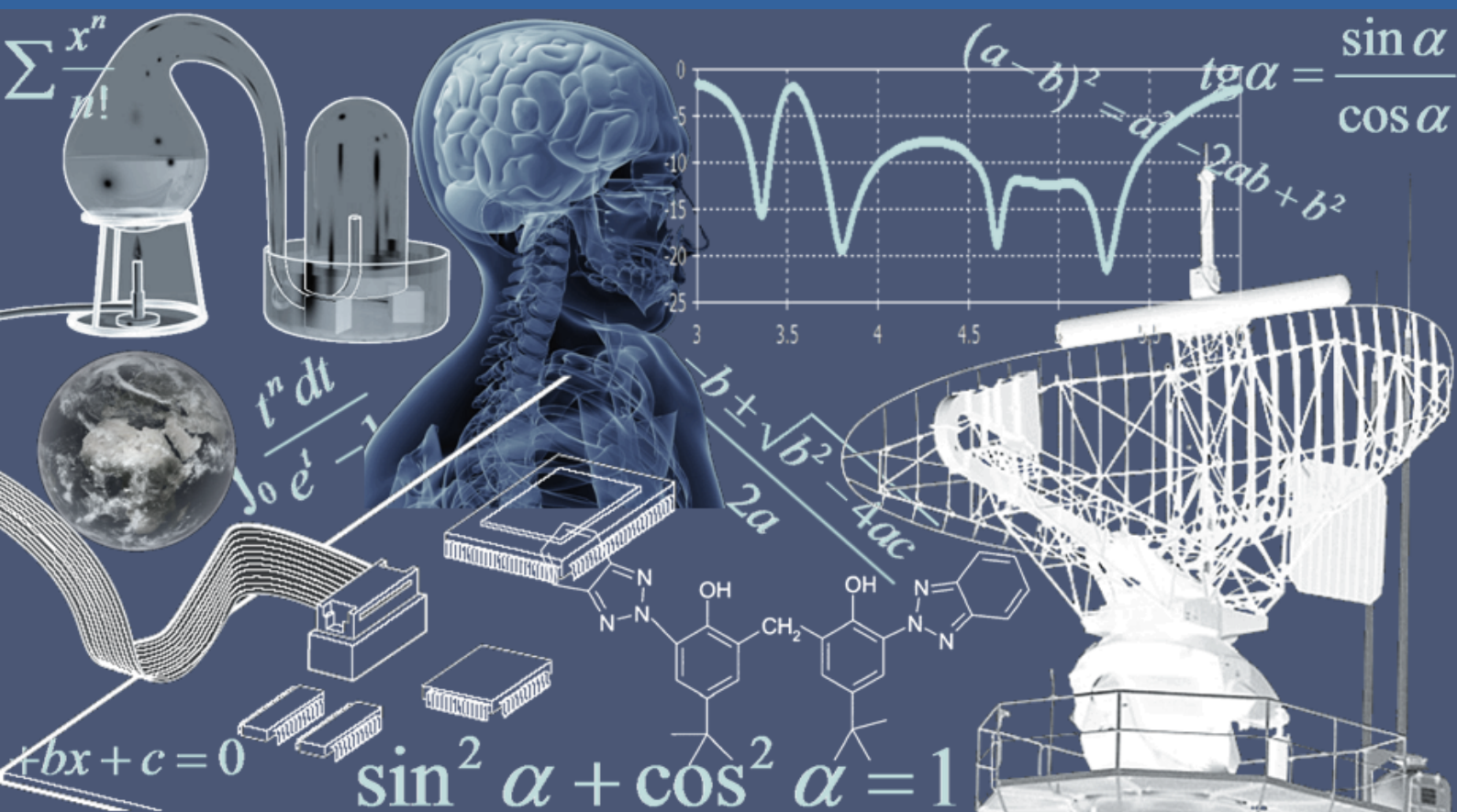


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 25 N. 1 December 2018



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Applied Studies

International Journal of Innovation and Applied Studies (ISSN: 2028-9324) is a peer reviewed multidisciplinary international journal publishing original and high-quality articles covering a wide range of topics in engineering, science and technology. IJIAS is an open access journal that publishes papers submitted in English, French and Spanish. The journal aims to give its contribution for enhancement of research studies and be a recognized forum attracting authors and audiences from both the academic and industrial communities interested in state-of-the art research activities in innovation and applied science areas, which cover topics including (but not limited to):

Agricultural and Biological Sciences, Arts and Humanities, Biochemistry, Genetics and Molecular Biology, Business, Management and Accounting, Chemical Engineering, Chemistry, Computer Science, Decision Sciences, Dentistry, Earth and Planetary Sciences, Economics, Econometrics and Finance, Energy, Engineering, Environmental Science, Health Professions, Immunology and Microbiology, Materials Science, Mathematics, Medicine, Neuroscience, Nursing, Pharmacology, Toxicology and Pharmaceuticals, Physics and Astronomy, Psychology, Social Sciences, Veterinary.

IJIAS hopes that Researchers, Graduate students, Developers, Professionals and others would make use of this journal publication for the development of innovation and scientific research. Contributions should not have been previously published nor be currently under consideration for publication elsewhere. All research articles, review articles, short communications and technical notes are pre-reviewed by the editor, and if appropriate, sent for blind peer review.

Accepted papers are available freely with online full-text content upon receiving the final versions, and will be indexed at major academic databases.

Editorial Advisory Board

Amir Samimi, Islamic Azad University, Iran
Mahsa Ja'fari, Department of Chemical Engineering, Abadan Faculty of Petroleum, Petroleum University of Technology, Abadan, Iran
Alin Velea, Paul Scherrer Institute, Switzerland
Kamyar Hasanzadeh, Aalto University, Finland
Ogbonnaya N. Chidibere, University of East Anglia, United Kingdom
Oumair Naseer, University of Warwick, United Kingdom
Wei Zheng, University of Texas Health Science Center at San Antonio, USA
Hu Zhao, University of Southern California, USA
Haijian Shi, Kal Krishnan Consulting Services, Inc, USA
Syed Ainul Abideen, University of Bergen, Norway
Fabio De Felice, University of Cassino and Southern Lazio, Italy
Giovanni Leonardi, Mediterranea University of Reggio Calabria, Italy
Siham El Gouzi, Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, Spain
Mohamed KOSSAÏ, European Business School EBS Paris, France
Mustafa Batuhan AYHAN, Marmara University, Turkey
Andrzej Klimczuk, Warsaw School of Economics, Poland
Corinthias P. M. Sianipar, Tokyo University of Science, Japan
Irfan Jamil, Sinohydro Engineering, China
Sukumar Senthilkumar, Chonbuk National University, South Korea
Bratu (Simionescu) Mihaela, Bucharest University of Economic Studies, Romania
Mirela Maria Codescu, National Institute for R&D in Electrical Engineering ICPE-CA, Romania
Milen Zamfirov, St. Kliment Ohridski Sofia University, Bulgaria
Svetoslava Saeva, Neofit Rilski South-West University, Bulgaria
Dimitris Kavroudakis, University of the Aegean, Greece
Vaitsa Giannouli, Aristotle University of Thessaloniki, Greece
Nataša Pomazalová, Mendel University in Brno, Czech Republic
Hazem M. Shaheen, Damanhour University, Egypt
Shalini Jain, Manipal University Jaipur, India
Amin Julia, National University of Malaysia, Malaysia
Mahdi Moharrampour, Islamic Azad University, Buin zahra Branch, Iran
Ricardo Rodriguez, Technological University of Ciudad Juarez, Mexico
Yuniel E. Proenza Arias, Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba
Elizabeth Bissell Miller, University of Missouri, Columbia
Bertin Désiré SOH FOTSING, University of Dschang, Cameroon
Antonella Petrillo, University of Cassino and Southern Lazio, Italy
Hong Zhao, The Pennsylvania State University, USA
Jianjun Chen, The University of Chicago, USA
Shaju George, Royal University for Women, Kingdom of Bahrain
Chandrasekaran Subramaniam, Kumaraguru College of Technology, India
Ilango Velchamy, New Horizon College of Engineering, India
M. Kumaresan, M.P.N.M.J. Engineering College, India
Mohammad Valipour, University of Tehran, Iran
Mohameden Sidi El Vally, King Khalid University, KSA
Mona Hedayat, Boston Children's Hospital, Harvard Medical School, USA
Suresh Kumar Alla, Advanced Medical Technologies, BD Technologies, USA
Ahmed Hashim Mohaisen Al-Yasari, Babylon University, Iraq
Aziz Ibrahim Abdulla, Tikrit University, Iraq
Khalid Mohammed Shaheen, Technical College of Mosul, Iraq
Baskaran Kasi, Kuala Lumpur Infrastructure University College, Malaysia
Nurul Fadly Habidin, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia
Adnan Riaz, Allama Iqbal Open University, Pakistan
Syed Noor Ul Abideen, KPK Agricultural University, Pakistan
Arab Karim, M'Hammed Bougara University of Boumerdes, Algeria
Zoubir Dahmani, UMAB University of Mostaganem, Algeria
Mohsen Brahmi, Sfax University, Tunisia
Mongi Besbes, University of Carthage, Tunisia
Mai S. Mabrouk, Misr University for Science and Technology, Egypt
Olfat A Diab Kandil, Misr University for Science and Technology, Egypt
Munir Ahmed G. Timol, Veer Narmad South Gujarat University, India
Saravanan Vasudevan, Arunai Engineering College, India

Table of Contents

ANALISIS DE PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE ACERO EN DOS ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO <i>Christian Almendariz Rodríguez, Felipe Naranjo Calderón, and Alcibar H. Yáñez</i>	1-7
MODELING ENERGY REGULATED BY BLOCKCHAIN SYSTEM PRODUCTION <i>Adib Guardiola Mouhaffel and F.J. Díaz Pérez</i>	8-14
Comparación de la enseñanza dos sistemas de programación robótica enfocada a los recursos matemáticos : Arduino+Scratch y Sistema Lego EV3 <i>Adib Guardiola Mouhaffel</i>	15-39
Optimisation des propriétés physiques et mécaniques de matériaux à base de biomasse végétale pour l'éco- construction <i>Lucien ZONGO and Athanas KONIN</i>	40-46
Les déterminants de l'intention d'utilisation de l'e-gouvernement par les citoyens marocains <i>Imad EL KHALKHALI and Asmae El Byere</i>	47-61
Chemical speciation of iron in urban shallow groundwater, southeastern Brazzaville, Congo <i>Matini Laurent, Moutou Joseph Marie, Nkounkou Tomodiatounga Dominique, and Massoumou Massolola</i>	62-75
EVALUATION AGRONOMIQUE DES VARIETES BIOFORTIFIEES DU HARICOT COMMUN (PHASEOLUS VULGARIS L.) EN ESSAIS COMPARATIFS D'ADAPTATION : CAS DES VARIETES GRIMPANTES « NUTRITIONALLY ENHANCED CLIMBING BEANS (NUV) » <i>C. Mirindi, N. Mbikayi, R. Kijana, N. Rudahaba, M. Civava, K. Lubobo, C. Koleramungu, B. Muluku, C. Irenge, and E. Mongana</i>	76-85
RENDEMENT DES ELEVES DE SIXIEME MATHEMATIQUE-PHYSIQUE A UNE EPREUVE SUR LA NOTION DE MOMENT DE FORCE EN PHYSIQUE <i>KINYOKA KABALUMUNA God'el and MBUYAMBA TSHIUNZA Roger</i>	86-92
Essai de substitution du tourteau de soja par le tourteau palmiste dans la ration de poulets de chair à Lubumbashi : Effets sur les performances de croissance et les paramètres économiques <i>Kilemba Mukangala Benjamin, Kabemba Tshiakamona James, and Tshibangu Muamba Innoncent</i>	93-101
CULTURE AND RISK NEXUS : THE ROLE OF CULTUREL RISK MANAGEMENT ON TERRITORIAL DEVELOPMENT IN MOROCCO <i>ABDERRAHIM EL HAMDANI, MOHAMED HADDY, and ABDERRAZAK ELKILALI</i>	102-110
La responsabilité sociale des entreprises et l'éco-innovation : Concept et terminologie <i>Ijhane LAHROUR</i>	111-120
Profils des consommateurs et caractérisations physiques et chimiques des fruits de la prune noire (Vitex doniana) du Département de Bondoukou au Nord-Est de la Côte d'Ivoire <i>Fatou Koba TRAORE, Pascal Amédée AHI, Youssouf Kisselmina KONE, Doudjo SORO, and Emmanuel Noghoul ASSIDJO</i>	121-130
Identification of biofortified beans (Phaseolus vulgaris L) : Case study on genetic diversity, relationship and rates of iron and zinc concentrations in farmer's accession, in eastern DR Congo <i>N. Mbikayi, A.D. Mumba, P.M. Kiman, R. Kizungu, and C. Mirindi</i>	131-139
La gestion du parc automobile en RDC : Étude de cas chez ITM AFRICA à Lubumbashi <i>MANIKA TSHISHIMU PAUL, KITENGE KALUME DEOGRATIAS, and MUKUNDI MUNTU CELESTIN</i>	140-148
Economic assessment of medicinal plants debarked by riparian population of Lokoli swampy forest (Southern Benin) <i>Yvonne Tété Cakpo-Tossou, Judith Korb, and Brice Sinsin</i>	149-161
Análisis Comparativo de Recipientes a Presión Toroidal de Material Compuesto por Elementos Finitos <i>Darwin Patiño and Alfonso Corz</i>	162-175
Problématique du marché du riz en Côte d'Ivoire : Une analyse par un modèle d'équilibre sectoriel <i>Landry Achy</i>	176-192
Le vivre-Ensemble en Nouvelle-Calédonie et la collaboration professionnelle <i>NYOCK ILOUGA Samuel, MACHIN Justine, and MOUSSA-MOULOOUNGUI Aude Carine</i>	193-209

Modélisation de l'érosion hydrique des sols cultivés ou non du plateau de Thiès (Sénégal)	210-221
<i>Abdoulaye Diédhiou, Mamadou Lamine L.O, Pape Babacar Diop Thioune, Mahécor Diouf, Mamadou Salif Diallo, and El Hadji Bamba DIAW</i>	
Influence de l'aménagement sur la diversité et la prépondérance des espèces sources de Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) dans la forêt classée de Yapo-Abbé, en Côte d'Ivoire	222-235
<i>Serge Cherry PIBA, Amino Gervaise Kouamé, Annick KOULIBALY, Richard Kouakoubah Donthy KOUAKOU, and Fezan Honora Tra Bi</i>	
La politique douanière en matière d'importation des véhicules d'occasion et son impact sur les recettes de la DGDA : Cas de l'Inspection de Kasindi-Lubiriha (RD Congo)	236-242
<i>Kasereka Mulimaposero Sero-Man, Don Mbiya Muvyele, Ambereki Mukute Augustin, and Mulemba Wemba Christophe</i>	
The actors who feed the new prostitution in Kara (Togo)	243-252
<i>M. Yentougle MOUTORE</i>	
The Development of the Green Capital Budgeting Approaches Based on Traditional Capital Budgeting Approaches	253-262
<i>Md. Jahangir Alam Siddiquee</i>	
CADRE JURIDIQUE DES SANCTIONS INTERNATIONALES : DIGNOSTIC DES SANCTIONS DE L'ONU À L'ENCONTRE DES ENTITES NOS ETATIQUES EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO	263-268
<i>Régis KATUALA GIZE</i>	
The role of digital technology in illogical furniture design	269-282
<i>Amany Mashour Hendy and Alyaa Ezzat Hassan</i>	
ETUDES COMPARATIVES DE L'ACTIVITE PHOTOCATALYTIQUE DE DIFFERENTS MATERIAUX : EFFET DE PARAMETRES PHYSICOCHIMIQUES	283-293
<i>Drissa BAMBA, Elogne Guessan ZORO, Mariame COULIBALY, Léon Koffi KONAN, Bini DONGUI, Jonas Yao ANDJI-YAPI, and Didier ROBERT</i>	
PREVALENCE DE L'ANEMIE CHEZ LES GESTANTES DE LA VILLE DE KISANGANI EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO	294-299
<i>Likilo Osundja Jeremy, Alworonga Opara, Katenga Bosunga, and Komanda Likwekwe</i>	
Durabilité et Gestion Concertée au Parc National de la Lomami (RDC): Perception des Communautés Locales	300-312
<i>Bongeli Yeikelo Ya'ato Aimé, Lombeya Boinde King, Bauma Baelongandi Yves, and Lisalu Bofando François</i>	
Analyse environnementale des sites de captage d'eau de la REGIDESO à Kinshasa	313-321
<i>Joseph M. Kakundika, Dieudonné E. Musibono, Lambert K. Binzangi, and Thierry T. Tangou</i>	
Carte de synthèse de la qualité des eaux superficielles du bassin versant de l'Oued Inaouen (Maroc)	322-328
<i>Mohamed Ben Abhou, Loubna Bougarne, Mahmoud Zemzami, and Mounia El Haji</i>	
Islamic Law and Neighborhood Building Principles: The Cases of Privacy and Avoidance of Harming	329-336
<i>Badre-Eddine EZZITI, Mohamed EL HATTACH, and Mohamed EZZITI</i>	
AN EXAMINATION OF SEASONAL VARIATION IN THE LEVELS OF OUTDOOR THERMAL COMFORT IN MAKURDI METROPOLIS, NIGERIA	337-346
<i>Akera Nguseer Mercilina, Danjuma Andembuto Kwesaba, Benjamin Umaru, Chuma Obiamaka Vivian, and Angvu Budi Dente</i>	
CHARACTERIZATION OF CONCRETE REINFORCED WITH BORASSUS AETHIOPUM MART SUBMITTED TO PRESTRESSING BY PRETENSIONING: BEHAVIOURAL SIMULATION	347-354
<i>Valéry K. DOKO, Ernesto HOUHANOU, Gérard GBAGUIDI AÏSSE, Robert MICHOUNOUNOU, and Hugues MEHOU</i>	
Analyse de régime juridique des sanctions en droit international et la protection des droits de l'homme : Regard sur la République Démocratique du Congo	355-369
<i>Régis KATUALA GIZE, Hervé Kimoni Unga Bosse, Peter Talaguma Madrandele, Christian Uthekei Udongo, and Eric Wanok Berniwegi</i>	
MANIFESTATIONS ET FACTEURS DE L'ETALEMENT URBAIN DANS LE DOUBLET ABOMEY-BOHICON (BENIN)	370-387
<i>N. M. TOSSOU, T. VIGNINO, A.R. SALIOU, D.J. GUEDENON, and Noukpo AGOSSOU</i>	
Formulation et acceptabilité sensorielle d'une farine infantile instantanée moins chère à partir de maïs germé, riz, soja et sésame	388-397
<i>Sophie Natacha Nina NGONO EYENGA, Maryline MUKORO, Nina Nindum SULEM YONG, Valtery Audrey VOULA, Brice Hermann SIMO, and Pauline MOUNJOUENPOU</i>	
Rupture utérine précoce à l'Hôpital Provincial du Nord Kivu de Goma : A propos d'un cas	398-402

<i>Kyembwa Mulyumba Michel, Taji Leki Sosthène, Kahambwe Ekoko Grace, Mwetaminawa Sangani Georgette, Matega Habiragi, and Katenga Bosunga</i>	
Prévalence, complications et issue des avortements clandestins dans la ville de Kisangani en République Démocratique du Congo	403-409
<i>Mwetaminawa Sangani Georgette, Kyembwa Mulyumba Michel, Taji Leki Sosthène, Asimwe Asaba Alain, Manga Okenge Pascal, and Katenga Bosunga Gédéon</i>	
The nutritional quality of North African barley genotypes	410-419
<i>Amani Ben Naceur, Hatem Cheikh-M'hamed, Elyes Babay, Sameh Mnasri, Chedly Abdelly, and M'barek Ben Naceur</i>	
APPORT DES LANGUES DYNAMIQUES NON NATIONALES EN VUE DE PALLIER LE DEFICIT SCOLAIRE EN RD CONGO : CAS DE LA PROVINCE DU NORD-KIVU	420-428
<i>Jacques MUNYAMPETA BAMPO</i>	
LE KINYARWANDA, SOURCE DE CONFLITS IDENTITAIRES EN RDC : CAS DE LA PROVINCE DU NORD KIVU	429-436
<i>Jacques MUNYAMPETA BAMPO</i>	
Caractéristiques morphologiques et physico-chimiques des sols savanicoles le long de toposéquences à Gogbala dans le Nord de la Côte d'Ivoire	437-445
<i>Olayossimi ADECHINA, Ouattara Amidou, and N'Ganzoua Kouamé René</i>	
PRATIQUE DE LA MOBILITE INTERNE ET PERFORMANCE INDIVIDUELLE DES CADRES	446-451
<i>OUYI Badji</i>	
Production agricole durable: Taux d'infestation et indicateurs de lutte contre des ennemis du cacaoyer (Theobroma cacao L.) au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire	452-460
<i>Annick KOULIBALY, Charlotte Dolou TONESSIA, Boué Noel Bianurin VOUI BI, Dognan SILUE, Dramane KOFFI, Siendou COULIBALY, Bernadin DRO, Anoh Denis-Esdras AMON, Faustin Dago SOKO, and Justin Yatty KOUADIO</i>	
Ageing is a contributing factor to excess weight in adult First Nations living on the reserves of British Columbia, Canada	461-470
<i>Victor Buhendwa Mirindi and Kalum Muray</i>	
Etat nutritionnel des enfants d'âge scolaire et consommation alimentaire des ménages dans les Zones de Santé urbaine d'Ibanda et rurale de Nyantende au Sud Kivu, RD Congo	471-482
<i>V. Witumbula Katambwe, J.M. Mbaka Kavuvu, A. Bulambo Kulilwa, François Lusamaki Mukunda, and Victor Buhendwa Mirindi</i>	
Caractérisation morphométrique des populations de Bruchidius atrolineatus Pic (coleoptera-Bruchinae) à travers une analyse factorielle discriminante (AFD)	483-490
<i>Moumouni Dan Mairo Adamou, Ali DOUMMA, and Mbacké Sembène</i>	
Activité antifongique de l'extrait éthanolique de Berlinia grandifolia (Vahl) Hutch. & Dalz. sur les champignons phytopathogènes majeurs des semences	491-499
<i>David KOALA, Lassina OUATTARA, Paulin OUOBA, Schémaeza BONZI, Tobdem Gaston DABIRE, and Irénée Somda</i>	
L'organisation du travail en milieu hospitalier : Validation de l'échelle de l'Agence Nationale d'Appui à la Performance des Etablissements de Santé et Médicosociaux sur l'organisation du travail auprès du personnel hospitalier des hôpitaux gabonais	500-515
<i>Tessa MOUNDIJEGOUT, NYOCK ILOUGA Samuel, and Nathalie LEROY</i>	
DETERMINATION OF PROTONATION AND METHYLATION SITES OF NEUTRAL MAKALUVAMINES, RELATIVE STABILITY AND REACTIVITY POTENTIAL OF THE CHARGED FORMS	516-527
<i>Sékou DIOMANDÉ, Affoué Lucie BÉDÉ, Soleymane KONÉ, and El-Hadji Sawaliho BAMBA</i>	

ANALISIS DE PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE ACERO EN DOS ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO

[ANALYSIS OF PERCENTAGE OF STEEL WASTE IN TWO ARMED CONCRETE STRUCTURES]

Christian Almendariz Rodríguez^{1,2}, Felipe Naranjo Calderón², and A.H. Yáñez²

¹Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador

²Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article applies a methodology for the optimization of the calculation of steel material in the construction of a reinforced concrete structure focused on two projects, a material calculation methodology is used in which we use a steel cutting blade to proceed to measure each bar trace indicated in the structural plans, to then account for the total steel weight of the structure and then measure and account for the total purchase weight.

KEYWORDS: Waste of material, steel cutting blade, percentage of waste.

1 INTRODUCCIÓN

En la construcción existen la incertidumbre del manejo de recursos al momento de comprar material, la manera acertada de saber si se compra la cantidad justa o con el excedente necesario y frente a la falta de parámetros de excedentes de compras reflejados en el desperdicio de los materiales al momento de ejecutar la construcción de una edificación nos vemos en la necesidad de establecer parámetros de desperdicios en cada elemento estructural mediante una metodología de cuantificación y control de los mismos.

Obtendremos el porcentaje de desperdicio de materiales en la construcción mediante una metodología de cálculo de cantidad de material a emplear como se indican en los planos estructurales y la cantidad de materiales a comprar, para fijar parámetros de control

Calcularemos la cantidad de materiales establecidos en planos y especificaciones técnicas mediante una lista de retazos con sus respectivas marcas, longitudes y dobleces.

Obtener cantidad de materiales de compra mediante una ficha de optimización a la cual llamamos "HOJA DE CORTE" y conjugación matemática de longitudes de retazos pertenecientes a diversos elementos estructurales como columnas, vigas, entre otros. Determinaremos el porcentaje de desperdicio mediante la expresión $\% \text{ de desperdicio} = 100(\text{cantidad a comprar} - \text{cantidad real}) / \text{cantidad real}$.

Nuestra investigación se basa en el acero empleado en la estructura de dos proyectos: BODEGAS SALOBAY ubicada en el cantón Guayaquil en el sector 48-Pacuales, manzana 041, solar 009 y el proyecto RESIDENCIA PATRICIA BARRETO FLORES ubicado en la Urbanización Santa María Casa Grande 2 en el cantón Daule, manzana D, solar 14 con el fin de establecer un análisis comparativo de factores de desperdicios en los elementos estructurales columnas, vigas y riostras, pilarete, y chicotes (anclajes del sistema mampostería-estructura) para cada proyecto en mención.

2 METODOLOGÍA

Para la metodología a emplear seguimos los siguientes pasos:

- Fijamos los rubros de la estructura a considerar, estos son: zapatas, plintos, riostras, columnas, vigas, losa, escalera, chicotes y pilaretes.
- Determinar la cantidad de acero como se detallan en los planos, indicando diámetro y longitud de cada tramo. Mediante la ficha "HOJA DE CORTE".

En esta ficha realizamos la lista de corte y ejecución para cada varilla de cada elemento estructural con sus respectivas marcas. Establecemos una metodología de obtención de material acero para la compra en función del requerimiento real. Realizamos un análisis comparativo entre ambas cantidades obtenidas, con el fin de fijar parámetros de desperdicios.

Autores como Skoyles & Skoyles (1987) clasifican las pérdidas de materiales en directas e indirectas. Las pérdidas directas se dan por los recursos eliminados en la etapa de la construcción separados en 3 clases:

- **Residuos de proceso:** Estos residuos se generan como un resultado del método de construcción que se aplique.
- **Pérdidas por negligencia:** Estos residuos se dan en la mayoría de los casos por varios factores como no tener equipo de trabajo no capacitado.
- **Pérdidas por usos provisionales:** Se presentan cuando se compra materiales empleados en rubros indirectos a la construcción y terminan por no cumplir ninguna función y no ser parte de proceso alguno.

El segundo tipo de pérdidas se da por no actuar ni presentar un control de calidad al momento de utilizarlos estos son:

- **Desperdicio por sustitución:** Al utilizar un material con calidad superior en reemplazo de otro.
- **Por superproducción:** En casos donde se fabrican elementos con dimensiones mayores.
- **Por trabajos adicionales:** Son los materiales que se requieren para actividades que no se consideraron inicialmente.

Finalmente existe otro tipo de desperdicios ocasionados por agentes externos a la construcción como hurtos o falta de inventario para el debido seguimiento.

En el presente trabajo de investigación nos centramos en residuos de procesos que están en función de la cantidad que se necesite, versus la cantidad a comprar. Autores como (1), Evaluaron los porcentajes de desperdicios a diversos materiales de la construcción de las edificaciones Fernández Nicolalde y Frago mediante la expresión: $\% \text{ de desperdicio} = 100(\text{cantidad a comprar} - \text{cantidad en planos}) / \text{cantidad en planos}$, los valores que arrojan como resultado para nuestra investigación nos interesan los desperdicios del material acero, fijan indicadores de 4,74% y 2,04%.

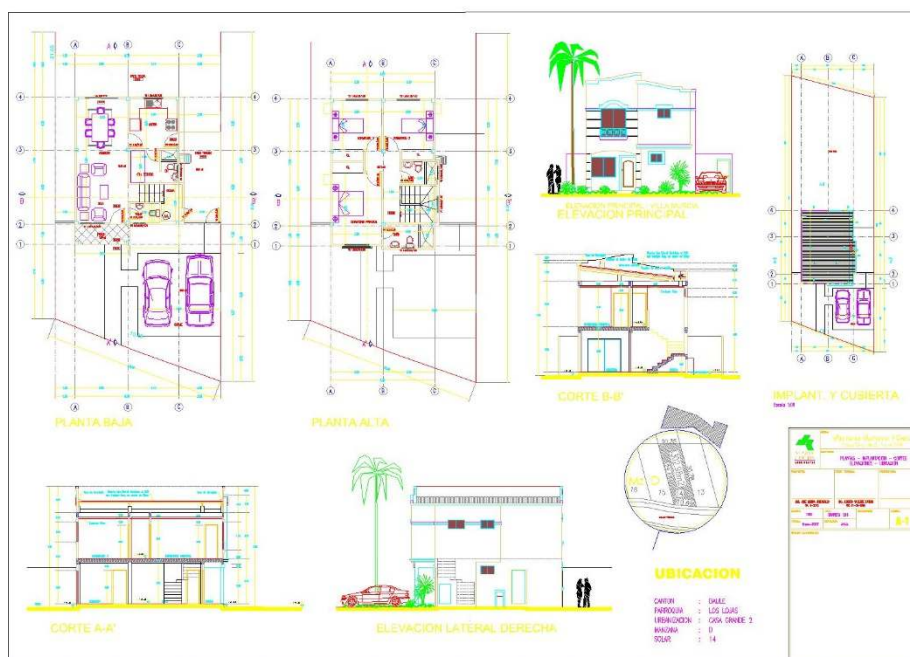
Por otro lado (4), se enfocó en dos frentes principales la primera fue la reducción de costo de los recursos principalmente en los desperdicios generados por los materiales más representativos económicamente en una construcción que son el hormigón y el acero. Con los recursos seleccionados y nombrados establece indicadores de desperdicios por las diversas causas y circunstancias que estos llevan desde el momento de la compra, almacenamiento hasta ejecutarlo en la construcción, en el caso del acero estableció los tipos de desperdicios ya sean directos, indirectos u otros, para el caso del acero tiene indicadores de bajaron del 7% hasta el 4,04% debido a las diversas metodologías empleadas para el control.

Es (3) quien optimiza los materiales durante una ejecución de una construcción ubicada en la parroquia Uzhcurrumi, donde se estableció la metodología de reutilización de materiales para bajar el impacto ambiental y a su vez determino porcentaje de desperdicios de materiales tanto como los que fueron trasladados hacia la obra en ejecución como los que reutilizaron.

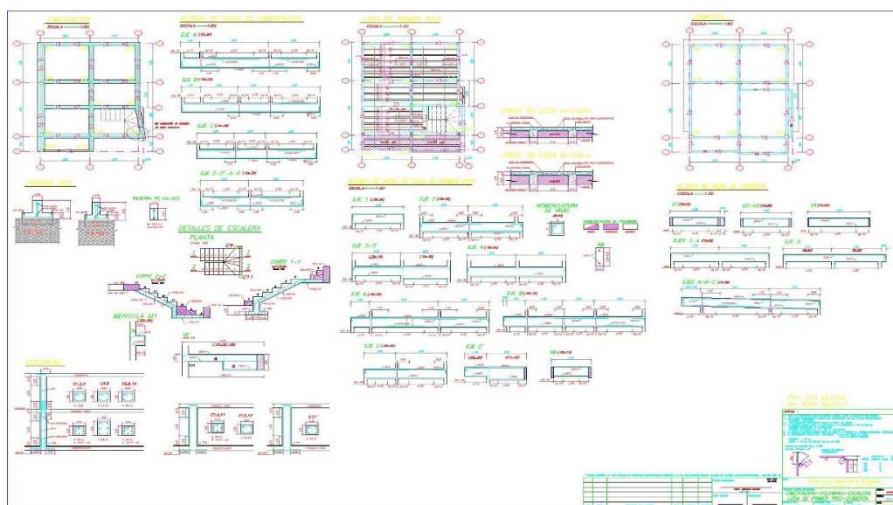
Otro autor como (5), presenta una evaluación de desperdicio directos, indirectos u otros ya sean generados por el excedente de compra de material o por otros motivos, los materiales a evaluar fueron el ladrillo, cemento, concreto, y concreto premezclado ejecutado en cada uno de los rubros de una construcción de una edificación

Son (2), quienes muestran el manejo de la producción en la construcción de un condominio Villa Santa Clara mediante la aplicación de la metodología lean construction. Dando a conocer las indicaciones principales y el manejo de conceptos elementales para aplicar de manera correcta las herramientas que propone el IGLC (International Group of Lean Construction), tomando muestras de rendimiento y producción en la ejecución de la obra dando un mayor enfoque en el sector que genera mayor manejo de dinero y hacer uso de la filosofía "ensamblaje sin pérdidas" manejando tiempo recursos, rendimientos y costos.

Proyecto Residencia Patricia Barreto Flores - Plano Arquitectónico



Proyecto Residencia Patricia Barreto Flores - Plano Estructural



Dando secuencia con la metodología que consiste en enseñar el uso e interpretación de la hoja de corte de acero, cuyas tres primeras columnas anotaremos los detalles estructurales que indican en los planos como nombre del elemento, forma y características geométricas de cada tramo de varilla, en la cuarta columna realizaremos la conjugación matemática para la compra con la respectiva marca y en el caso de utilizar algún sobrante colocaremos el sobrante a utilizar con las respectivas marcas.

HOJA DE CORTE DE ACERO

PROYECTO: _____

Pag. 1

ELEMENTO	FORMA	ACERO EN PLANOS			COMPRA			MARCA	SOBRANTE A UTILIZAR		
		cant.	Ø de varilla	Long.	cant.	Ø de varilla	Long.	Marca	cant.	Ø de varilla	Long.

Fuente: Autores

Ahora mostramos parte de las planillas ejecutadas con los datos de los planos estructurales y el análisis de corte respectivo.

HOJA DE CORTE DE ACERO

PROYECTO: BODEGAS SALOBAY

Pag. 2

ELEMENTO	FORMA	ACERO EN PLANOS			COMPRA			MARCA	SOBRANTE A UTILIZAR		
		cant.	Ø de varilla	Long.	cant.	Ø de varilla	Long.	Marca	cant.	Ø de varilla	Long.
Estribos en columnas	0,35 	4940	Ø 8	x 1,30	549	Ø 8	x 12	0017			
	0,25										
Vinchas en columnas	0,05  0,05	4940	Ø 8	x 0,35	146	Ø 8	x 12	0018			
	0,25										
VIGAS	 6,00	248	Ø 14	x 6,00	124	Ø 14	x 12	0019			
	 6,00	372	Ø 14	x 6,00	186	Ø 14	x 12	0020			

Fuente: Autores

HOJA DE CORTE DE ACERO

PROYECTO: CASA GRANDE 2 BARRETO FLORES

Pag. 3

ELEMENTO	FORMA	ACERO EN PLANOS			COMPRA			MARCA	SOBRANTE A UTILIZAR		
		cant.	Ø de varilla	Long.	cant.	Ø de varilla	Long.	Marca	cant.	Ø de varilla	Long.
Columnas PB C1-2-3	4,20  0,3	12	Ø 12	x 4,50	6	Ø 12	x 9	0036			
	1  0,3	12	Ø 10	x 1,30	2	Ø 10	x 9	0037			
Estribos en columnas	0,15  0,15	69	Ø 8	x 0,70	4	Ø 8	x 12	0038			

Fuente: Autores

Una vez llenar las planillas de corte de ambos proyectos procedemos a calcular el peso total tanto para la cantidad de los planos como para la compra

Proyecto: Bodegas SALOBAY

Descripcion	Cantidad en Planos (Kg.)	Cantidad de Compra (Kg.)
Plintos	2446,11	2599,52
Riostra	1690,20	1827,71
Columnas	14925,69	15852,81
Vigas	7700,11	7769,56
Templadores	1015,07	1015,07
Pilaretes	320,60	325,53
Anclajes	1475,99	1479,69

TOTAL	29573,768	30869,888
-------	-----------	-----------

Desperdicio:	4,383
--------------	-------

Fuente: Autores

Proyecto: Residencia Patricia Barreto Flores

Descripcion	Cantidad en Planos (Kg.)	Cantidad de Compra (Kg.)
Zapata	209,48	265,23
Riostra	3,49	3,55
Columnas	510,92	522,48
Vigas	409,91	413,72
Losa	93,11	131,25
Escalera	90,36	70,14
Pilaretes	126,27	133,17
Anclajes	213,82	214,56

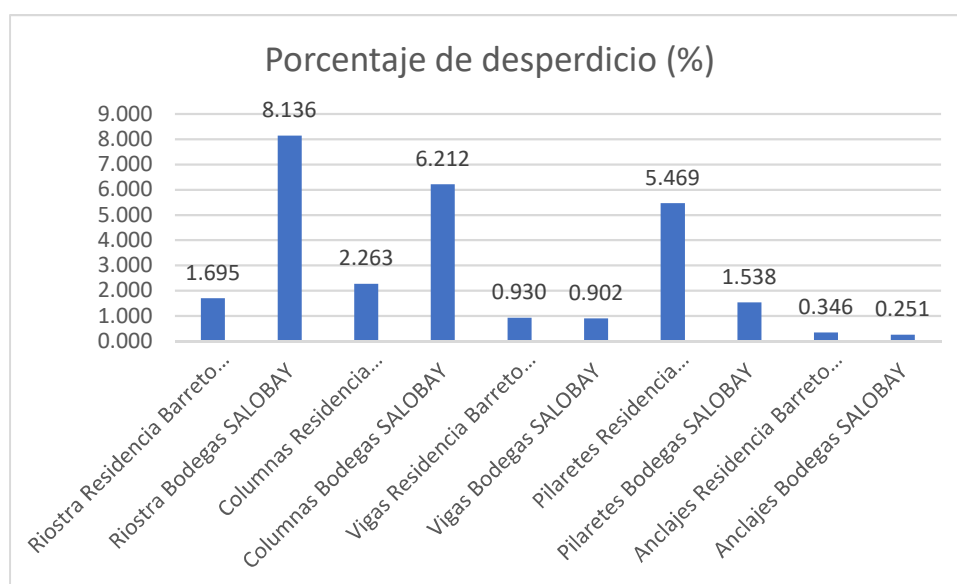
TOTAL	1657,344	1754,099
-------	----------	----------

Desperdicio:	5,838
--------------	-------

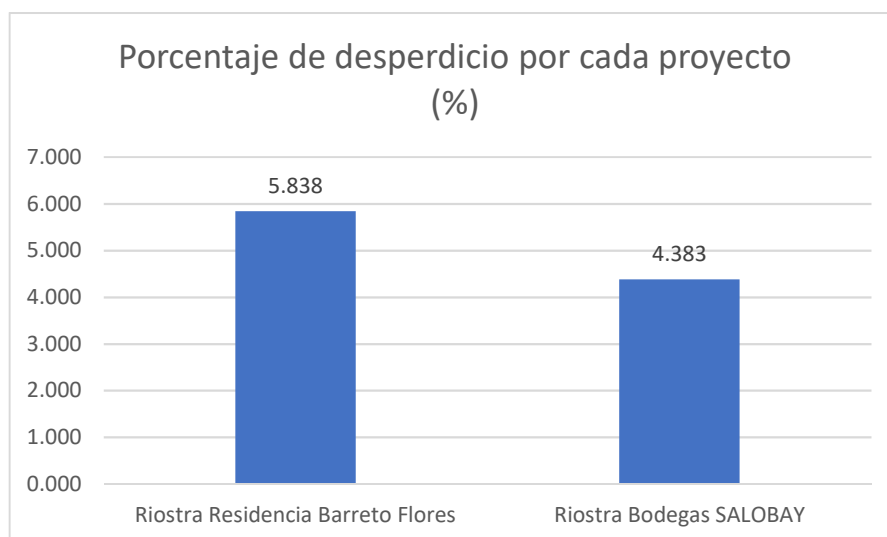
Fuente: Autores

4 EVALUACION

Mostramos el análisis comparativo para los rubros en común entre ambos proyectos.



Fuente: Autores



Fuente: Autores

5 CONCLUSIONES

Las conclusiones que se han obtenido del presente trabajo las hemos sintetizado en los siguientes puntos:

- La cantidad de material a emplear en cada una de las obras es 29573, 768 Kg. Para Bodegas SALOBAY y 1657,344 Kg. Para Residencia Patricia Barreto Flores.
- La cantidad de material a comprar en cada una de las obras es 30869,888 Kg. Para Bodegas SALOBAY y 1754,099 Kg. Para Residencia Patricia Barreto Flores.
- El porcentaje de desperdicio en cada una de las obras es 4,383% para Bodegas SALOBAY y 5,838% para Residencia Patricia Barreto Flores.

RECOMENDACIONES

A su vez de igual manera el presente trabajo hemos sintetizado las siguientes recomendaciones:

- Brindar el debido asesoramiento del manejo y uso de la hoja de corte al personal de obra.
- Contar con personal capacitado para el corte y doblado de acero haciendo cumplir las especificaciones técnicas, planos estructurales y hoja de corte de acero.
- Contabilizar los retazos de acero sobrantes para usos en otra parte de la edificación.

REFERENCIAS

- [1] Andrade, Vanessa Leonor, and Patricio Daniel Coba. 2013. "Análisis de Desperdicios En La Fase Constructiva de Un Edificio Y Propuestas de Reducción."
- [2] Buleje, Kenny Ernesto, and Xavier Brioso. 2012. "Productividad En La Construcción de Un Condominio Aplicando Conceptos de La Filosofía Lean Construcción," 1–102.
- [3] Descotte, Diagonal Emilio. 2003. "Universidad de Mendoza - Facultad de Arquitectura Y Urbanismo" 54.
- [4] GALARZA MEZA Marco Paulo. 2014. "Desperdicio De Materiales En Obras De Construcción Civil: Metodos De Medición Y Control." Pontificia Universidad Católica Del Perú, no. 1: 1–89. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>.
- [5] Mondragón, Grecia. 2016. "Universidad Privada Antenor Orrego." http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/2317/1/RE_ADMI_FABIOLA.ALAYO_FRESSIA.SANCHEZ_LA.ESTRATEGIA.DE.MARKETING.VIRAL_DATOS_T046_47943399T-46675415T.PDF.

MODELING ENERGY REGULATED BY BLOCKCHAIN SYSTEM PRODUCTION

A. Guardiola Mouhaffel¹ and F.J. Díaz Pérez²

¹Las Palmas de Gran Canaria University, Spain

²Institute of Environment, Faculty of Health Sciences, University San Jorge, Zaragoza, Spain

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The management of the energy produced by photovoltaic panel stations can be converted into a management where the consumer himself can have a tendency in the final price of the price of the energy he pays. The system of generation and sale of energy by means of photovoltaic systems can be managed through global BLOCKCHAIN type procedures.

KEYWORDS: management of energy, photovoltaic panel station, consumer, BLOCKCHAIN.

1 INTRODUCTION

Locally produced renewable energy trade is addressed in the literature from a market perspective where producers and consumers participate in a double auction and trade energy daily. Energy purchase and sale orders are sent to a public order book and orders are combined continuously or at discrete closing times using the equilibrium price. The advantages of this concept of control based on the market are that it achieves an allocation close to the optimum, balances orderly supply and demand and aligns the preferences of the interested agents. However, bidding for energy ahead of time depends to a large extent on predictions of future supply or demand, whose inaccuracy translates into higher costs for both buyers and sellers [1]. In addition, agents need to rely on advanced business strategies to maximize profits (or minimize costs). For example, producers who are not familiar with the market may inadvertently set a selling price that is too high, resulting in an unequalled order of their energy. Since there is no buyer at the time they produce and inject the energy into the grid, the producers get zero profits, unless they invest in batteries that can store the non-commercialized energy.

These agents can inject the energy at the moment they find a buyer. Finally, separate energy balance mechanisms must be used to cope with the response to demand in real time. Market-based energy trade reduces agents' dependence on "Distribute System Operator" (DSO), since energy supply and demand are combined directly between individual agents [3,4], resulting in a more decentralized and competitive environment. However, locally produced energy currently covers only a small percentage of all consumption and, therefore, the DSO still need to supply a large part of the energy to cover the total demand [2, 5]. Therefore, considering the role of the DSO in a negotiation mechanism allows an easier implementation of that mechanism in addition to the infrastructure and the current state of things and, therefore, a faster transition to an intelligent network configuration. In this document, we propose NRG-X-Change, a novel mechanism for the trade of locally produced renewable energy that does not depend on an energy market or on the adequacy of orders ahead of time. In our model, the locally produced energy is continuously fed into the network and the payment is received based on actual use, instead of the expected, since the DSO measures the consumption and bills it almost in real time. Therefore, our mechanism maintains the important role that the DSO currently plays in the energy market. The second component of our mechanism, and a novel contribution to the paradigm of energy trade, is the introduction of a new decentralized digital currency for the exchange of energy, called NRGcoin[1,6]. All payments from consumers and producers are made in NRGcoins, instead of fiduciary money. The currency can be exchanged in an independent open market for its monetary equivalent, p. Euro, dollar, pound, etc.

1.1 MANAGEMENT SYSTEM

We will have a system that will generate a model where the production of energy through photovoltaic solar panels, where there is a cycle of sale between private production and purchase through a currency accessible to the international market and supported by the Blockchain system[2,6]. The system consists of substations that are only informed by the injected energy and the transmission every 30 minutes of the energy production managed, henceforth the energy produced means energy injected

into the network. Similarly, energy consumption is the energy delivered to the home from the power line, excluding the consumption of the own energy produced. A given consumer generates a certain amount of renewable energy and sends it to the network, simultaneously transmitting this information to all the nodes of the NRGcoin network [2,4].

These nodes then update the public record of P with $f(x)$ NRGcoins, as defined in the decentralized NRGcoin protocol. Therefore, the function $f(x)$ is responsible for generating the NRGcoins that then enter the circulation. In addition, the local substation S to which P is connected has measured the total energy production tp and the total consumption tc in that slot.

That substation then publicly transfers $g(x, tp, tc)$ NRGcoins of the balance of the DSO to that consumer, g , is the function of the production price defined by the DSO. Therefore, for the energy injected x the consumer P obtains NRGcoins both from the NRGcoin protocol (to ensure that new money is generated in the system) and from the local substation (to align consumption with production). Note that the amount of currency received depends only on the functions f and g (where f g) and is not linked to the monetary value of NRGcoins in the market. At any chosen time interval, P joins an exchange market with an order to sell m of its NRGcoins in exchange for euros[3-7]. Similarly, a given consumer C decides to buy NRGcoins with Euro and places a purchase order in the market. If according to the market regulations these two offers are matched, the seller P releases $n \leq m$ NRGcoins to the buyer and receives his requested euro from the market, while buyer C releases the amount in euros offered to the seller and receives his n . Then pay $h(y, tp, tc)$ NRGcoins for their energy consumption from and to the local substation S. Note that P and C do not need to belong to the same substation. In analogy to the price function for production g , the price function for consumption h is defined by the DSO. We then develop the two components of our mechanism: energy trading using NRGcoins and exchanging the latter for fiduciary currency. Bfi We also describe how previous price functions balance energy supply and demand, how agents can use learning mechanisms to increase your profits and what are the benefits of the new currency[5,6].

1.2 NRGCOINS THROUGH THE BOCKCHAINS

Each producer can first use their energy produced to meet their own demand. The excess energy is fed into the network. Information on local energy production and consumption is sent from producers' smart meters to the low-voltage power substations of the street-level DSO at 30-minute intervals.

This information is then used to determine the rates at which producers are rewarded for their energy produced and consumers are billed for their extracted energy. These rates (or functions) are designed to encourage agents to balance supply and demand, as well as lower production and consumption peaks. For example, in times of low demand or high production, the cost of energy consumption is low, and analogously, low supply or high demand drives prices. Therefore, every 30 minutes each substation at street level determines the energy consumption and production rates using the following functions. The price g function for paid producers is configured as a bell curve and is defined as

$$g(x, tp, tc) = \frac{x \cdot q}{e^{-\frac{(tp-tc)^2}{a}}} \quad (1)$$

where $q = tc$ is the maximum rate at which producers are rewarded for their input energy x when the total supply tp matches the total demand tc and is defined by the DSO; and a is a scale factor for the case where $tp = tc$. When the total energy production completely covers the total consumption, the function is at its maximum point and is simplified to $g = x \cdot q$. On the other hand, when $tp < tc$ or $tp > tc$, producers are paid at a rate of $g \rightarrow 0$ NRGcoins. The price function $h(\bullet)$ according to which consumers pay for their extracted energy is defined as:

$$h(y, tp, tc) = \frac{y \cdot r \cdot tc}{(tp - tc)} \quad (2)$$

Where r is the maximum energy cost delivered by the DSO when the energy supply by consumers is low.

When production coincides with consumption, on the other hand, the substation charges consumers with $rtct$ per kWh. Finally, when $tc > tp$, then $h \rightarrow 0$ and, therefore, the cost of energy consumed during overproduction is close to 0, which motivates consumers to change their energy consumption to periods of overproduction

NRGcoin is not issued or controlled by a central authority and its monetary value is determined solely by currency trading in an open stock market - a higher demand for NRGcoins increases its monetary value, while a large amount of sales decreases its value. However, unlike Bitcoins, which are generated by pure computing power and, therefore, by energy expenditure (in a process called "mining"), NRGcoins are generated by injecting renewable energy produced locally into the network. The rate $f(x)$ to which NRGcoins are generated depends only on the amount x of renewable energy fed into the grid. This quantity is transmitted¹ by the intelligent meter of the producer to all other smart meters that execute the NRGcoin protocol, allowing all the participants in the NRGcoin network to track the profits of each smart meter and its transactions. Note that although the transaction information is associated with smart meters, the latter are not publicly linked with real users and, therefore, 1

it is assumed that there are security mechanisms to avoid manipulations of the smart meter. All profits and transactions are anonymous with respect to the agents. The generation process of NRGcoins has a parallel with the mining process in the Bitcoin protocol and, similarly, the accounting of profits and transactions resembles the chain of Bitcoin blocks [5,8]. The NRGcoins are obtained according to the function f defined as:

$$f(x) = b \cdot x \quad (3)$$

where b is a constant that specifies the speed at which NRGcoins is rewarded to consumers by its injected energy x and is defined by NRGcoin protocol, running on all smart meters. As mentioned above, in addition to the NRGcoins generated by injecting energy into the network, the local substation rewards consumers based on the current supply and demand of energy in that substation. Note that the DSO does not issue currency, but simply collects and distributes payments, depending on the consumption and production price functions. To acquire or sell NRGcoins agents participate in an online currency exchange market. An agent that needs NRGcoins (for example, to pay for its energy consumption) can make a purchase offer in the market and, analogously, an agent with an excessive amount of NRGcoins can present a sale offer. Each purchase offer contains the requested quantity of currency and the price at which the agent is willing to buy. In addition, the offer contains order configurations for example, if the agent prefers the partial or total match of your offer, and if the offer should be discarded if it is not immediately matched, or it can remain in the order book. and possibly be paired at a later time. To facilitate exposure, in the rest of this section we assume that all offers can partially match and remain in the order book if they are not combined immediately.

When a purchase offer is sent to the market, all sales orders with a price lower than the purchase price are matched (the lowest sales orders first) until the purchase amount is met. Any remaining amount without purchasing is added to the order book. All sales offers are processed analogously, starting with the highest purchases first. Therefore, orders are combined only if the purchase price is greater than or equal to the sale price. The buyer pays the price that he has specified in his offer and the seller, his specified sale price [9,10]. The market owner profits from the difference between equal purchase and sale offers, as well as a possible commission to keep the market functioning. Intelligent agent counters can employ learning techniques that automatically determine the optimal amount of NRGcoins to trade in the market and an acceptable bid price. The learning mechanism selects an amount of offer that aims to minimize the amount of surplus currency, that is, the difference between the current amount of NRGcoins that the consumer has and the amount that is expected to be needed in the future. In addition, the offer price is determined by observing the domestic market, that is, the difference between the lowest pending sale and the highest pending purchase in the order book, and taking into account the consumer's risk preference. For example, placing a very high sales price generates a high yield, but also a high risk, which means that the probability of finding a suitable combination with a consumer agent is low. Therefore, the learning mechanism aims to maximize the agent's income, taking into account their preferences. Tender strategies for commercial agents have been a hot topic of research in the last decade. For example, the Power Trading Agent Competition (TAC) 2 is an annual competition that simulates future retail electricity markets. Agents in the market act as retail brokers in a local home, buying energy from a retail market as well as from local sources, such as homes and companies with solar panels, and selling energy to local customers and the wholesale market. Retail intermediaries use learning mechanisms for their supply strategies in order to make a profit, while balancing supply and demand. As the environment implies a highly dynamic environment with competitive agents, adaptive algorithms that learn by observation have proven to be very successful in this competition. The difference between our approach and Power TAC is that the latter involves selfish brokers who aim to make a profit by offering electricity tariffs to customers and marketing energy in the wholesale market. Brokers try to hire consumers, consumers and customers of electric vehicles by offering specific rates and negotiating individual contracts [11,13]. The corridors balance the fluctuating energy demands of the contracted energy consumers with the actual production of contracted energy producers. In our NRG-X-Change model, there is no need for intermediaries or long-term contracts, since NRGcoins are sold directly between consumers and consumers.

1.3 COIN PROFITS

NRGcoin NRGcoins offers a number of advantages over traditional money and other digital currencies. According to our mechanism, locally produced renewable energy is continually "converted" to NRGcoins. Their advantage over the fiduciary currency is that they serve as the right to receive an equivalent amount of energy in the future regardless of the market value of NRGcoin. Therefore, what this new "green currency" brings to the agents is the security to increase the prices of energy, for example, by buying NRGcoins at low prices and then spending them on energy when prices are high. Therefore, the currency can be spent to buy renewable energy at a later time, or it can be exchanged for fiat money in a market, whichever is more profitable for the agent. In this way, NRGcoins acts as an efficient and infinite form of battery for agents, in the form of ecological certificates for companies, or simply as a business of buying and selling foreign currency for profit. In general, it provides individual agents with an accessible means not only to support the generation of renewable energy, but also to invest in the energy market as a whole, something that is not trivial in the current state of affairs. The DSO, on the other hand, benefits from the use of NRGcoins as a "debt instrument" with high liquidity, which allows it to quickly convert this currency into cash.

Paying consumers with NRGcoins instead of fiduciary currencies allows the DSO to concentrate a greater portion of its cash assets on investments, instead of relying on bank loans and paying its associated interest rates. The new currency also resembles green negotiable certificates (TGC)) as a measure of the renewable energy produced and as a way to buy its environmental attributes to consumers. As such, it can serve as a form of competition among consumers or an indication of prestige, where companies can be valued for their green energy production. While TGCs only benefit producers by imposing purchase obligations on some consumers, NRGcoins are, among others, a form of investment and, therefore, a potential advantage for both types of agents, as described above. In addition, unlike TGCs, NRGcoins can be traded between countries and serve as an international currency for green energy. Like other decentralized digital currencies, NRGcoin is not regulated by any central bank or authority and is not linked to the securities market or fiduciary currencies. However, it is generated by producing renewable energy, unlike any other digital currency that is extracted from the calculation power and, therefore, the energy expenditure. Although NRGcoin is not regulated, it depends on your community. Therefore, its commercial value may have large fluctuations as a result of market speculation. It should be noted that the NRGcoin currency is an added value to the NRG-X-Change mechanism and is not designed to be an indivisible part of it. The commercialization of energy is also possible using fiduciary currency instead of NRGcoins modifying the functions of prices g and h to consider the value of the fiduciary currency and the function of fall f . However, it is necessary to carry out detailed investigations to determine to what extent NRGcoins can be replaced by standard currency in an initial phase, p , to simplify the implementation.

Balancing the supply and demand functions g and h are designed to align the agents' objectives. Since the rates at which substations pay consumers depend on local supply and demand, different consumers can earn different amounts of NRGcoins for the same amount of energy injected at different locations in the smart grid. Again, these rates are independent of the current market value of NRGcoins. The difference in rates is related to the balance between production and local energy consumption that DSO strives to achieve, as well as the objective of reducing supply and demand peaks. For example, the value of the energy generated in a neighbour-hood full of producers will be much lower than the NRGcoins that a single producer will get in a neighbour-hood full of consumers. Therefore, the difference in value imposed by the DSO can stimulate consumers to install renewable energy generators and become producers, while at the same time discouraging excess production or consumption that overloads the transmission lines. In the same way, consumers are motivated to change their consumption from the peaks of demand and towards production peaks, since that will reduce their energy bill. The more energy supply matches the demand, the more NRGcoins producers will receive from the substation and the lower amounts of coins will be paid by consumers to the substation, since the additional energy that needs to be supplied to that neighborhood is low. In this way, agents strive to balance supply and demand, that is, achieve the response to demand, for their own interest. Consumers are motivated to feed the network with sufficient renewable energy, while consumers minimize their costs by changing their consumption pattern towards longer production time intervals. Note that the $qtp = tc$ and $rtctp$ parameters of price functions 1 and 2 must be carefully configured to ensure that the benefit of the DSO is always positive and covers the costs of power transmission. Learning techniques can help agents maximize their income by using the payments from the substation as a feedback signal. For example, the learning mechanism can disconnect (some of) the renewable energy generators of the consumer during times of overproduction to maximize the benefit according to equation 1, taking into account the consumption agent itself. Similarly, the energy bill of consumers can be reduced by learning to change the consumption pattern to periods of high production, while preserving the comfort level of the agent. For example, the learning mechanism can learn to change the operation of the washing machine to periods of time when energy is the cheapest, taking into account the agent's requirements that the operation must be completed at a particular time in time. The learning mechanism should advise the agent on how much to consume in each time interval to minimize the price that is expected to pay, taking into account the electricity needs of the occupants. Inherently, this is a programming problem with multiple objectives. Several machine learning algorithms have been proposed to address multi-objective programming, such as reinforcement learning, evolutionary algorithms and local search. Given that locally produced energy today only covers a small percentage of consumption within neighbour-hoods, the DSO still It needs to produce electricity to cover the total demand. Bunn and Farmer pointed out that a 1% decrease in the forecast error implied a saving of £ 10 million in operating costs. Therefore, reliable forecasting techniques are needed to improve the DSO's energy supply planning and lower its costs. Here you can apply various prediction techniques, such as autoregressive methods, artificial neural networks, support vector machines. In addition to global energy prediction, the DSO can add predictions of individual local substations. The advantages of predicting demand at the substation level are two: on the one hand, individual local predictions can improve the accuracy of the global prediction model through the use of weighted aggregation; while, on the other hand, these predictions allow the DSO to exercise better control over the load of the individual transmission lines and thus improve the quality and robustness of the electric power infrastructure.

Instead of relying on a daily energy market to sell or buy their energy, consumers simply inject or extract from the grid, as is the current state of affairs, but at prices that depend on the measured supply and demand for energy. The payment is made in the form of NRGcoins, whose value is determined based on exchanges in an open exchange market. Using concepts of the Bitcoin increase in popularity; our novel mechanism creates a microeconomic ecosystem that allows consumers to market renewable energy produced locally at competitive prices. At the same time, agents feel incentivized to balance the supply and

demand of energy for their own interest and, in this way, shorten production and consumption peaks. Finally, our proposed approach is scalable: new partners do not increase the complexity of energy trade thanks to local substations or currency exchange, since the NRGcoin protocol is decentralized. As this concept is still being developed, it is necessary to carry out exhaustive simulations, supported by microeconomic theories, to determine the parameters of the DSO price functions and the speed at which NRGcoins are generated in the network. Last but not least, special attention should be paid to the privacy and security aspects of the NRGcoin protocol and to the design of the smart meter middleware.

2 METHODS AND CONCLUSIONS

The model implemented to perform the forecast of monthly energy production for an autoregressive neural network with exogenous inputs (NARX), which is a recurrent dynamic network. Recurrent networks have connections that feed the output states towards the system input, with which the neural network becomes a non-linear feedback system [12,14]. The autoregressive models are based on the fact that the current value of a series $y(t)$ can be explained in terms of past values of the same variable.

This model is characterized by having the formulation expressed in (1), where $y(t)$ is the output that in the case of study would be the average monthly stock price of electric power, d is the number of delays and $x(t)$ It is the exogenous input.

$$y(t)=f(x(t-1),...,x(t-d),y(t-1),...,y(t-d)) \quad (4)$$

The structure of the selected NARX neural network has 2 layers: the hidden layer that has contact with the network inputs and the output layer related to the output of the model. Both layers are formed by neurons, which are characterized by the function of activation or transfer function responsible for mapping the input data of the neuron in order to give the stimulus of this or output of the network. The activation function of the first layer was the Tansig, and its associated expression is given by (2), in which n is the numerical value of the input of the neuron. The activation function of the output layer is the Purelin or linear ($a = n$), where the input is equal to the output, this activation function allows the output of the network to take any value.

The structure of this network is represented in Fig. 1, where $X_1 \dots X_n$ are the inputs of the network, W are the weights and b the biases that are determined through the training of the network.

In order to complete the NARX model it is necessary to adjust the parameters of the defined structure, that is, the weights (W) and the bias or offset values (b) of the respective layers. This is done by training the network. The selected training method was the Levenberg-Marquardt algorithm, this is a method based on iterative least squares, where the performance of the network is calculated with the mean square error (mse).

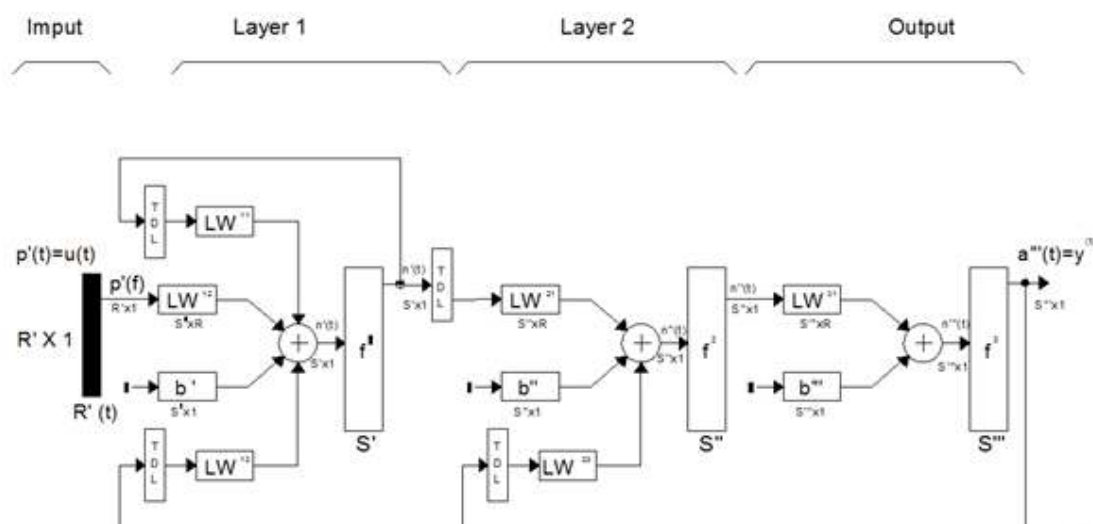


Fig. 1. Structure neural network Architecture

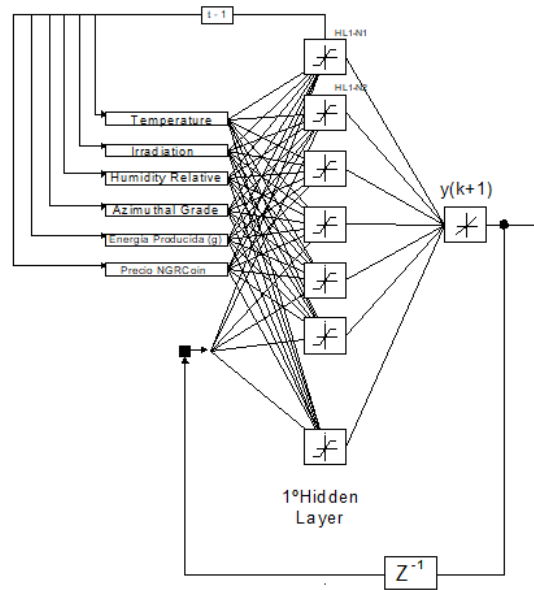


Fig. 2. Inputs and output NARX model

Table 1. Narx Network Data predictions Summary.

Delays	Neurons	Training		Validation		Test		Time
		mse	R	mse	R	mse	R	
2	5	0,0003	0,95	0,045	0,92	0,012	0,92	00:03:11
3	10	0,0003	0,95	0,038	0,92	0,012	0,92	00:05:58
5	10	0,0002	0,97	0,031	0,93	0,021	0,90	00:06:18
5	35	0,0002	0,97	0,020	0,95	0,010	0,92	00:06:35
6	35	0,0001	0,98	0,028	0,96	0,014	0,90	00:07:01
6	40	0,0001	0,98	0,029	0,96	0,010	0,96	00:07:21
6	50	0,0001	0,98	0,011	0,97	0,007	0,96	00:07:45
7	50	0,0001	0,98	0,015	0,98	0,008	0,97	00:08:15

3 CONCLUSIONS

The purpose of this study highlights the need to decentralize local energy values to a specific region of the planet and to obtain benefits from them in any part of the world, which would increase the possibilities for cheaper and competitive energy for the consumer.

The study conducted by nonlinear regression of the neural network model confirms the veracity of the study based on the NGR Coin currency, where the feasibility of decentralizing the costs and benefits of production to its sale price can be decentralized through a virtual currency.

In this paper, we have shown that the NARX neural network can successfully use its output feedback loop to improve its predictive performance in complex time series prediction tasks. Time series neural networks provided good predications as well. The output produced promising results.

REFERENCES

- [1] Brunekreeft, G., Buchmann, M., Dänekas, C., Guo, X., Mayer, C., Merkel, M., Rehtanz, C., Göring, A., Herrmann, A., and Kodali, R. 2015. "Regulatory Pathways for Smart Grid Development in China," in *Regulatory Pathways for Smart Grid Development in China*. Springer, pp. 119-138.
- [2] Bush, S. F. 2014. *Smart Grid: Communication-Enabled Intelligence for the Electric Power Grid*. John Wiley & sons.
- [3] CEN-CENELEC-ETSI. 2012. "Smart Grid Coordination Group: Smart Grid Reference Architecture," European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- [4] CSIRO, and ENA. 2017. "Electricity Network Transformation Roadmap: Final Report." Retrieved 10 Aug, 2017.

- [5] DISCERN. 2016. "Distributed Intelligence for Cost-Effective and Reliable Solutions." Retrieved 10 Aug, 2017.
- [6] EIA-US. 2017. "Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook," US Energy Information Architecture.
- [7] EU. 2009. "Directive 2009/72/Ec of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009," in: L211. Official Journal of the European Union, pp. 55-93.
- [8] Gholami, R., Watson, R.T., Molla, A., Hasan, H. and Bjørn-Andersen, N. 2016. "Information Systems Solutions for Environmental Sustainability: How can we do more," *Journal of the Association for Information Systems* (17:8), pp. 521-536.
- [9] Greer, C., Wollman, D. A., Prochaska, D. E., Boynton, P. A., Mazer, J. A., Nguyen, C. T., FitzPatrick, G. J., Nelson, T. L., Koepke, G. H., and Hefner Jr, A. R. 2014. "Nist Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 3.0," Special Publication (NIST SP)-1108r3).
- [10] Jarupathirun, S., and Zahedi, F. 2007. "Exploring the Influence of Perceptual Factors in the Success of Web-Based Spatial DSS," *Decision Support Systems* (43:3), pp. 933-951.
- [11] Migliavacca, G., Rossi, M., Six, D., Dzamarija, M., Horsmanheimo, S., Madina, C., Kockar, I., and Morales, J. M. 2017. "Smartnet: A H2020 Project Analysing Tso-Dso Interaction to Enable Ancillary Services Provision from Distribution Networks," 24th International Conference on Electricity Distribution, Glasgow, Scotland.
- [12] Mihaylov, M., Jurado, S., Van Moffaert, K., Avellana, N., and Nowé, A. 2014. "Nrg-X-Change-a Novel Mechanism for Trading of Renewable Energy in Smart Grids," 3rd International Conference on Smart Grids and Green IT Systems (SmartGreens), Barcelona, Spain, pp. 101-106.
- [13] OECD/IEA. 2015. *How2guide for Smart Grids in Distribution Networks*. Paris, France: International Energy Agency.
- [14] OECD/IEA. 2016. *Next Generation Wind and Solar Power - from Cost to Value*. Paris, France: International Energy Agency.
- Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., and Chatterjee, S. 2008. "A Design Science Research Methodology for Information Systems Research," *Journal of Management Information Systems* (24:3), pp. 45-77.
- [15] Quartel, D., Steen, M. W., and Lankhorst, M. M. 2012. "Application and Project Portfolio Valuation Using Enterprise Architecture and Business Requirements Modelling," *Enterprise Information Systems* (6:2), pp. 189-213.
- [16] Razo-Zapata, I. S., Shrestha, A., and Proper, E., 2017. "On Valuation of Smart Grid Architectures: An Enterprise Engineering Perspective," in *Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling*. Springer, pp. 346-353.
- [17] Schuurman, P., Berghout, E. W., and Powell, P. 2008. "Calculating the Importance of Information Systems: The Method of Bedell Revisited," *Sprouts: Working Papers on Information Systems* (8:37).
- [18] SEI. 2010. "Smart Grid Maturity Model Update," Carnegie Mellon University, PA, USA.
- [19] Shrestha, A., Cater-Steel, A., Tan, W.-G., and Toleman, M. 2014. "Software-mediated Process Assessment for IT Service Capability Management," *Twenty Second European Conference on Information Systems (ECIS 2014)*, Tel Aviv, Israel.
- [20] Ueckerdt, F., Hirth, L., Luderer, G., and Edenhofer, O. 2013. "System Lcoe: What Are the Costs of Variable Renewables?," *Energy* (63), pp. 61-75.

Comparación de la enseñanza dos sistemas de programación robótica enfocada a los recursos matemáticos : Arduino+Scratch y Sistema Lego EV3

[Assessment Comparative of teaching by two ways f programming robotic based in mathematical resources : Arduino + Scratch and Lego EV3 System]

Adib Guardiola Mouhaffel

Universidad de las Palmas de Gran Canarias, Gran Canarias, Spain

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The growing importance of technology in the world today and its continuous development [6,8], makes technology itself an integral part of the training process for children and youth.

For this reason it is important to develop proposals in which children and young people are offered the possibility of coming into contact with new technologies. This is possible through the use of software and hardware tools, such as robotic prototypes and specialized programs for pedagogical purposes.

This article shows the importance of the use of robotics as a learning tool and presents the typical stages that must be faced when implementing educational robotics projects in the classroom. It is also announced an educational robotics project called "Robotic World" which seeks to involve robotics in the classroom by means of practical activities and learning resources articulated from a virtual platform.

KEYWORDS: Educational Robotics, STEAM, Mbot, Mind Storm, Multiple Linear Regression, Arima.

RESUMEN: La creciente importancia que tiene la tecnología en el mundo hoy en día y su continuo desarrollo [6,8], hace que la tecnología en sí misma, se convierta en parte integral del proceso de formación en la niñez y la juventud.

Por esta razón es importante desarrollar propuestas en las que se ofrezca a niños y jóvenes la posibilidad de entrar en contacto con las nuevas tecnologías. esto es posible a través del manejo de herramientas de software y hardware, como prototipos robóticos y programas especializados con fines pedagógicos.

Este artículo muestra la importancia que tiene el uso de la robótica como una herramienta de aprendizaje y presenta las etapas típicas que se deben afrontar al implementar proyectos de robótica educativos en el aula de. También se da a conocer un proyecto de robótica educativa denominado "Mundo Robótica "el cual busca involucrar la robótica en el aula de clase por medio de actividades prácticas y recursos de aprendizaje articulados desde una plataforma virtual.

PALABRAS-CLAVES: Robótica Educativa, STEAM, Mbot, Mind Storm, Regresión Lineal Multiple, Arima.

1 INTRODUCCIÓN

La robótica en el dentro del entorno pedagógico en cursos de educación secundaria es un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollar competencias generales como la socialización la creatividad y la iniciativa, que permitan al estudiante dar una respuesta eficiente a los entornos cambiantes del mundo actual. La presencia de la robótica en el aula de clase no intenta formar a los estudiantes en la disciplina de la robótica propiamente dicha, sino aprovechar su carácter multidisciplinar para generar condiciones favorables para el aprendizaje, donde el estudiante pueda percibir los problemas del mundo real,

imaginar y formular las posibles soluciones y poner en marcha sus ideas, mientras se siente motivado por temas que se van desarrollando

Los ambientes de aprendizaje permiten activar procesos cognitivos dentro de aspectos sociales, los cuales propician un proceso significativo en el estudiante y las destrezas necesarias para desempeñarse adecuadamente en el contexto diverso y complejo que requiere la sociedad. Estos espacios son generados gracias a las relaciones e interacciones que ocurren en el aula de clase entre los estudiantes y docentes, y entre ellos con los recursos con los que se cuenta. El principal objetivo de los entornos de aprendizaje, es convertir el aula de clases en un laboratorio de exploración y experimentación en donde los estudiantes se pregunten constantemente el cómo y el porqué de las cosas, en particular, se quiere que las nuevas generaciones se cuestionen respecto a los diferentes elementos, que además podemos encontrar en el entorno tecnológico actual, pero, sin una excusa como la robótica, estos elementos suelen pasar desapercibidos. Así pues, la robótica educativa pretende despertar en ellos el interés por los temas de clase y facilitar la comprensión de una variedad de conceptos y fenómenos.

La puesta en marcha de un proyecto de robótica incluye diversas áreas del conocimiento, tales como las matemáticas, la física, la electrónica, la mecánica y la informática, eso sin contar el área propia de la aplicación. Este confluir de muchas disciplinas la convierte en una gran alternativa integradora para la enseñanza. Pero la robótica no solo tiene la ventaja de integrar múltiples áreas del conocimiento, quizá su mayor cualidad en el ambiente educativo sea lo atractiva que resulta para jóvenes y adultos. Evidencia de este atractivo es la multiplicidad de películas cuya trama gira, de una u otra forma, alrededor de los robots. Todo esto lleva a que la presencia de la robótica en el aula de clase ofrezca a niños, niñas y jóvenes la posibilidad de interactuar con este elemento motivador, que además de centrar el interés de quien aprende en los temas que se enseñan, conecta a los estudiantes con las nuevas tecnologías mientras se le imprime sentido a los saberes que se pretenden enseñar.

En este trabajo se exploran los beneficios que trae la aplicación de la robótica en procesos de aprendizaje y se presentan las etapas típicas que se deben afrontar para generar ambientes de aprendizaje interdisciplinarios basados en la robótica.

Adicionalmente se presenta un proyecto de robótica educativa denominado Mundo Robótica, que articula desde una plataforma virtual diferentes recursos de aprendizaje basados en robótica.

La robótica educativa también conocida como robótica pedagógica es una disciplina que tiene por objeto la concepción, creación y puesta en funcionamiento de prototipos robóticos y programas especializados con fines pedagógicos también crea las mejores condiciones de apropiación de conocimiento que permite a los estudiantes fabricar sus propias representaciones de los fenómenos del mundo que los rodea, facilitando la adquisición de conocimientos acerca de estos fenómenos y su transferencia a diferentes áreas del conocimiento.

A través de la robótica educativa el docente puede desarrollar de forma práctica y didáctica aquellos conceptos teóricos que suelen ser abstractos y confusos para los estudiantes; usar esta estrategia tiene la ventaja adicional de simultáneamente despertar el interés del estudiante por esos temas, al tiempo que pone de manifiesto la relación entre el contexto tecnológico en el que se desenvuelve la vida actual y los temas que se enseñan. En este sentido, un ambiente de aprendizaje con robótica educativa, es una experiencia que contribuye al desarrollo de nuevas habilidades, nuevos conceptos, fortalece el pensamiento sistémico, lógico, estructurado y formal del estudiante, al tiempo que desarrolla su capacidad de resolver problemas concretos, dando así una respuesta eficiente a los entornos cambiantes del mundo actual.

Una característica especial que tiene la robótica educativa es la capacidad de mantener la atención del estudiante. El hecho de que el estudiante pueda manipular y experimentar con estas herramientas de aprendizaje basadas en robótica hace que puedan centrar sus percepciones y observaciones en la actividad que está realizando.

Para poder aplicar proyectos de robótica en el aula de clase es necesario disponer de diferentes herramientas de software y/o hardware que permitan al estudiante construir o simular diferentes prototipos robóticos (Castillo Pinto, 2014). Los kits comerciales de robótica son una gran opción para involucrar la robótica en el aula de clase. Estas herramientas educativas permiten a personas de todas las edades construir diferentes prototipos robóticos, sin necesidad de tener conocimientos avanzados en mecánica, electrónica o programación. Actualmente el mercado ofrece una variedad de herramientas para el aprendizaje y la estimulación. Entre los kits más conocidos en el mercado se pueden comentar: los Bee-Bot, VEX Robotics, Computing, LEGO MINDSTORMS, LEGO NXT, LEGO EV3, Mbot Makeblock.

En el mercado también se pueden encontrar programas especializados en robótica que permiten a niños y jóvenes controlar y simular diferentes prototipos robóticos.

Aunque no todos los colegios están en la capacidad de adquirir uno o más kits de robótica, esto no debe ser un impedimento para que los estudiantes entren en contacto con estas tecnologías, mas aun de poder de integrar la práctica con dicha teoría.

adquirida. Se puede hacer uso del material reciclado de diferentes dispositivos electrónicos para la construcción de los prototipos robóticos, o alterar los juguetes tecnológicos para construir los prototipos de los robots. El objetivo de estas herramientas de robótica de material reciclado es la generación de ambientes de aprendizaje en las escuelas de secundaria.

A nivel de proyectos con Hardware Libre, se destacan los desarrollos basados en el sistema Arduino, que es una plataforma de desarrollo abierta que facilita el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. Lo atractivo del sistema Arduino es que permite programar y controlar prototipos robóticos sin necesidad de tener conocimientos avanzados en electrónica o programación. Los sistemas Arduinos pueden ser programados en cualquier Sistema Operativo (Windows, Mac y Linux) en un entorno propio en lenguaje C/C++ o en Scratch for Arduino-S4A para niños. Una de las grandes fortalezas de los sistemas Arduino es su capacidad de integración con sistemas mecánicos de LEGO Education, LEGO Technic y Fischertechnik, con sensores y actuadores de Hitec Robotics o Mindsensors, con los motores y baterías de LEGO Power Functions y con dispositivos Android. En herramientas software libre, se destaca OpenQbo Robotic, una distribución de Linux basada en Ubuntu, que incluye software y aplicaciones dirigidas a la robótica.

2 OBJETIVOS

A continuación se exponen los 3 objetivos generales sobre los que se basa mi trabajo, así como sus correspondientes objetivos específicos en cada uno de ellos.

2.1 PRESENTAR UNA PROPUESTA SOBRE LA IMPORTANCIA DEL USO DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA

- Promover su integración en algunos talleres o materias afines a las ciencias para que en combinación con otros se puedan llevar a cabo proyectos. -Justificar la implicación de la robótica educativa en los programas curriculares, como física y matemáticas, con las condiciones y fórmulas del movimiento, matemáticas.
- Determinar la importancia de este tipo de actividades así como la tienen los talleres de artes plásticas, con la fabricación de muñecos y profundizando en la diversidad y correlacionar los contenidos de las materias con la robótica educativa.

2.2 FORMAR UNA SINERGIA DE APRENDIZAJE CIENCIAS, PROMOVIDO POR EL SISTEMA STEM

- Permitir el acceso a materias como de física, mecánica afines, las cuales permitirían primeramente determinar la población estudiantil interesados en el uso de la misma y acrecentar su población a través del Internet, foros y videos
- Fomentar concursos internos que elaboraron de robots, para proyectarse posteriormente en concursos abiertos entre diferentes centros.

2.3 INCENTIVAR A LOS ALUMNOS EL INTERÉS Y UTILICEN DISTINTAS ÁREAS O DISCIPLINAS DEL CONOCIMIENTO

- Construir un robot educativo, así como detallar el montaje y programación del mismo, lo cual requieren conocimientos de mecánica, electricidad y programación, Los Jóvenes adquieren habilidades y nociones científicas.
- Involucrar a los estudiantes en procesos de solución de problemas, logrando que se desarrolle en ellos, un pensamiento sistemático. Así Mediante la construcción de robot, los estudiantes universitarios sobre todo, logran adquirir la experiencia necesaria en el diseño de prototipos por ejemplo de carácter industrial.

2.4 LA ROBÓTICA EN EL SISTEMA EDUCATIVO ACTUAL

Tras la aprobación de la LOMCE y la publicación del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, se ha elaborado el proyecto de Decreto que desarrolla el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria con el objetivo de "seguir aumentando el rendimiento académico y la excelencia educativa".

Es así, como con la nueva regulación, la ESO se organiza en materias y comprende dos ciclos: el primero, de tres cursos escolares (1º, 2º y 3º) y el segundo de uno (4º).

Las materias se agrupan en bloques de asignaturas: troncales, específicas y de libre configuración autonómica. El proyecto de decreto de la Comunidad establece para el primer ciclo las mismas materias del bloque de asignaturas troncales establecidas

en la LOMCE y en cuanto a las específicas, cursarán obligatoriamente Educación Plástica, Visual y Audiovisual, en 1º y 2º y Música en 2º y 3º.

Respecto a las materias de libre configuración los alumnos cursarán la materia de **Tecnología, Programación y Robótica** en los tres cursos. Además, el decreto dispone que los alumnos estudiaran una materia más de entre un elenco de asignaturas correspondientes bien al bloque de específicas, bien al bloque de libre configuración autonómica, “todo ello conforme a las posibilidades de organización de los centros”

2.5 HISTORIA DEL ARTE DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA

Antes de centrarnos en el concepto de Robótica Educativa (RE), primero me gustaría exponer qué es la robótica. Matías Romero, en la revista educativa Robótica: entra al mundo de la inteligencia artificial, expone que la Robótica es la ciencia que estudia el diseño y la implementación de robots, mediante la integración de diversas disciplinas, tales como la mecánica, electrónica, informática, entre otras. La RE emerge como una nueva manera de integrar las TIC en la educación. Según la revista Ingenieros del futuro (2007), “la robótica educativa es un sistema de enseñanza interdisciplinaria que potencia el desarrollo de habilidades y competencias en los alumnos”. Es una manera de integrar diferentes áreas del currículum mediante una misma práctica, implementando el trabajo en grupo, el liderazgo, entre otros, y mediante la construcción de robots. Tal y como indica, el término “robot” fue usado por primera vez en 1920, por Karel Capel, en su obra de teatro Rossum’s Universal Robots. Esta palabra, viene del vocablo checo “robota”, que significa “trabajo” o “obligatoriedad”. En la obra de teatro, estos “robots humanoides” trabajaban en una fábrica. Años más tarde, la obra fue adaptada al cine y el concepto de “robot” permaneció hasta nuestros días con ese significado.

Se tiene constancia, según el ya citado, que en el año 500 a.C., en China, se construye una urraca voladora de madera y bambú y un caballo de madera capaz de dar saltos. Años después, hacia el 200 a.C., Filón de Bizancio, inventa la catapulta receptiva y construye un autómatas acuático. En la antigua Grecia, Arquitas de Tarento, considerado padre de la ingeniería mecánica y precursor occidental de la robótica, inventó el tornillo y la polea, entre otros. Durante estos siglos se construyeron numerosos aparatos robóticos, el mejor conservado y más antiguo es “El Gallo de Estrasburgo”, que funcionó desde 1352 hasta 1789. En los últimos años, los robots han tomado gran importancia en la sociedad, y no solo en películas, como hemos visto sino en muchos otros ámbitos. Sobre todo en el de la informática y de la electrónica, debido a los continuos avances que se producen, pero poco a poco, la robótica se está abriendo paso a través del contexto educativo hacia las clases de primaria

2.6 ROBÓTICA EDUCATIVA COMO RECURSO DIDÁCTICO

Durante el siglo XIX, surgen distintos movimientos educativos proponiendo un cambio del paradigma que dominaba en la educación, un paradigma de una educación pasiva, en la que el profesor era el centro del aprendizaje, en vez de los alumnos, y estos simplemente se dejaban llevar por una pedagogía tóxica (Acaso, 2009). Poco a poco, empiezan a surgir dos teorías, las cuales serán los cimientos de la RE. Estas fueron las teorías constructivista de (Jean Piaget, 1967 ; Vygotsky, 1978) y la pedagogía del construccionismo desarrollada por Seymour Papert, 1980.

La primera, se sustenta en que el conocimiento no solo se transmite sino que se construye activando estos conocimientos en la mente del alumnado. La segunda, afirma lo mismo pero además que el conocimiento debe tener un significado especial para el alumno, en otras palabras, debe ser significativo. Es definida por su autor, (Papert, 1991) de gran relevancia para la RE, en el libro de Constructionism escrito por Harel. I (1991),

Este mismo autor que nos ocupa, fue el que situó los cimientos del uso de la RE en las clases, durante el siglo XX. Papert, creó un ambiente de aprendizaje para los alumnos en el cual podían programar ordenadores y robots. Mediante este uso, los alumnos pudieron ganar conocimiento en el uso de la tecnología. Según (Baker & Ansorge, 2006) los niños podían sentirse identificados con los robots, ya que son muestras concretas y físicas de manifestaciones de ordenadores y programas de los mismos. Por lo tanto, fue a partir de estas teorías y de este autor revolucionario cuando podemos empezar a hablar realmente de la Robótica centrada en la Educación. Hoy en día se puede implementar en las escuelas bajo este mismo pensamiento, pues los alumnos pueden manipular de fo.

2.6.1 LAS COMPETENCIAS CLAVE DE LOS DISEÑOS STEAM DENTRO DEL MARCO EDUCATIVO ACTUAL.

El actual sistema de enseñanzas STEAM del currículum educativo de la LOMCE, el BOE nº295,10 Diciembre 2013, viene determinado como una herramienta didáctica, aprendizaje basado en problemas y de interacción con los mismos.

Dentro de la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología CMCT, la pedagogía referida a la robótica educativa tiene un gran protagonismo dado que esta misma pertenece a las actividades clasificadas como STEAM.

El anacronismo STEAM hace referencia a como a la **competencia matemática** como a la de **ciencia y tecnología**.

La competencia matemática requiere de conocimientos sobre los números, las medidas y las estructuras, así como de las operaciones y las representaciones matemáticas, y la competencia de ciencia y tecnología capacitan a ciudadanos responsables y respetuosos que desarrollan juicios críticos sobre los hechos científicos y tecnológicos que se suceden a lo largo de los tiempos, pasados y actuales.

De esta manera la robótica educativa tiene como finalidad complementar de forma curricular las competencias matemáticas y de tecnología, actualmente la tendencia está marcada por la adaptación progresiva de los centros hacia esta tendencia.

2.6.2 COMPETENCIAS EN EL SISTEMA EUROPEAS DE ENSEÑANZA EN DISEÑOS STEAM.

Los proyectos educativos e iniciativas englobadas bajo dicha denominación buscan que se aprovechen los puntos en común que hay entre estas cuatro materias para así llegar a desarrollar un enfoque interdisciplinario del proceso de enseñanza y aprendizaje por medio de la incorporación de casos y situaciones de la vida diaria, permitiendo utilizar todas las herramientas tecnológicas necesarias. A continuación se mencionarán las principales características del modelo STEM, así como algunos de los retos que plantea su implementación en el sistema educativo.

Las cuatro disciplinas que engloba STEM se consideran vitales para tener una economía próspera y una sociedad segura y saludable.

En el mundo real, la ciencia se apoya en la tecnología, las matemáticas y la ingeniería, y a su vez la ingeniería depende de los descubrimientos de la ciencia, la aplicación de las matemáticas y el uso de herramientas tecnológicas.

Se necesita de mayor investigación para entender mejor los beneficios potenciales y limitaciones de la educación integral STEAM para estudiantes, maestros y escuelas.

De acuerdo a lo mencionado en los anteriores puntos podemos entender por qué este tipo de iniciativas se han convertido en parte de los objetivos fundamentales de la educación ya que no sólo de países como **Estados Unidos, Reino Unido o Finlandia** lo han implementado, sino también del conjunto de la Unión Europea y por recomendaciones de diversos organismos internacionales. Incluso compañías líderes en diversos sectores, pero en general muy vinculadas al ámbito tecnológico, han unido esfuerzos con las administraciones públicas para desarrollar programas o iniciativas de fomento de las vocaciones tecnológicas entre los jóvenes.

2.7 RECURSOS DEL SISTEMA PROPUESTO

El material ha sido diseñado para alumnos de entre 10-14 años en adelante. Recomendable el trabajo en equipo de tres estudiantes o individualmente para niños con cualquier formación académica que podrán construir, investigar y aprender de los modelos y sistemas mostrados.

El paquete de actividades que presentamos en este taller de robótica permite a los niños trabajar como jóvenes científicos, ingenieros y diseñadores, ofreciéndoles situaciones, herramientas y tareas que fomentan el desarrollo de la tecnología, la ciencia y las matemáticas.

Con las actividades que se van a realizar en este taller de robótica, los niños se sienten animados a implicarse en investigaciones y problemas razonados reales; realizan predicciones; diseñan y crean modelos, observando después su comportamiento; reflejan y rediseñan, anotando y presentando posteriormente sus hallazgos.

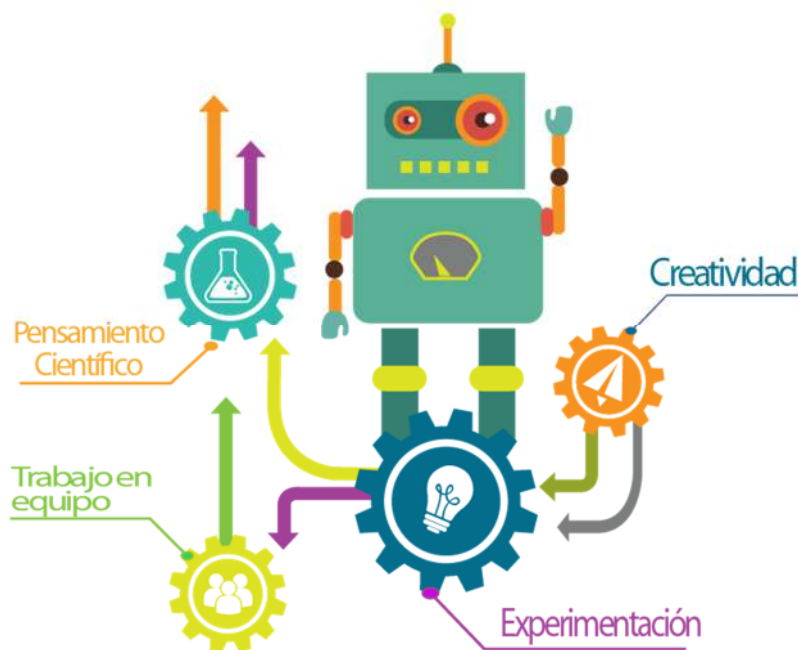


Fig. 1. Representación de las etapas dentro del proceso del taller

Este taller de robótica permite a los profesores cubrir las siguientes habilidades generales:

- Pensar en lo que podría ocurrir y probar ideas nuevas
- Realizar comparaciones cambiando factores y observando o midiendo los efectos
- Realizar observaciones y medidas sistemáticas
- Pensar con creatividad para intentar explicar la forma en que programan su robot.
- Establecer enlaces entre la causa y el efecto
- Diseñar y fabricar maquinarias que cumplan criterios específicos
- Decidir si los resultados coinciden con las predicciones realizadas, y si las conclusiones permiten realizar más predicciones
- Revisar el trabajo y describir su importancia y limitaciones
- Probar ideas utilizando el resultado de sus observaciones y medidas
- Realizar preguntas que puedan ser comprobadas
- Reflexionar acerca de cómo encontrar respuestas e imaginar nuevas posibilidades

Los equipos con los que se trabajan son dos sistemas robóticos muy conocidos y de fácil adquisición:

- Robot Arduino: basado en el controlador Arduino el cual se puede ampliar con múltiples sistemas y equipos. Es un sistema totalmente abierto que además de la robótica también se puede emplear para el control de múltiples equipos



Foto 1. Robot educativo Mbot y placa Arduino UNO

- Robot LEGO MINDSTORMS: un robot comercial de fácil adquisición y con el respaldo de la multinacional Lego y compatible con la serie Technics de la marca.



Foto 2. Dispositivos Robot educativo EV3

2.8 COMPETENCIA CURRICULAR DE LA MATERIA

Las Competencias que intentamos conseguir con este taller para los alumnos son variadas y forman parte de las competencias básicas que son considerados imprescindibles desde un planteamiento integrador y orientado a la aplicación de los saberes adquiridos (Zúñiga y Lourdes , 2002) .



Fig. 2. Representación de las competencias de valores adquiridos

2.9 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y COMPETENCIA DIGITAL

Son dos los aspectos de la tecnología digital aplicada al ámbito educativo como un medio de información y como medio de construcción. Ambos son de igual importancia, pero el lado constructivo de la tecnología digital ocupa un segundo lugar muy disminuido frente al dominante lado informativo.

La preparación de los proyectos mostrados contribuye al desarrollo de esta competencia en toda su amplitud, considerando los dos aspectos de la tecnología digital:

- Como medio de construcción mediante la programación del robot que debe resolver las misiones de la mesa de juego.
- Como medio de información con la preparación del Proyecto Científico, donde hay que localizar, procesar, elaborar, almacenar y presentar información.

2.10 COMPETENCIA PARA APRENDER A APRENDER

A la adquisición de la competencia de aprender a aprender se contribuye con el desarrollo de estrategias de resolución de problemas. En particular mediante la obtención, análisis y selección de información útil tanto para el Desarrollo del Robot como para el Proyecto Científico. Se pretende conseguir que los niños desarrollen sus conocimientos no solo a partir de la labor de su profesor sino, sobre todo, a partir de sus propias experiencias y conclusiones. Se puede aprovechar el interés natural del alumno en crear, construir e inventar para motivarle a aprender, investigar y pensar.

2.11 AUTONOMÍA E INICIATIVA PERSONAL

La contribución a la autonomía e iniciativa personal se centra en el modo particular con que se han diseñado los problemas, planteándolos como retos que los alumnos deben resolver. Y será mayor en la medida en que se fomenten modos de enfrentarse a ellos de manera autónoma y creativa, se incida en la valoración reflexiva de las diferentes alternativas y se prepare para el análisis previo de las decisiones que se toman. A través de esta vía se ofrecen muchas oportunidades para el desarrollo de cualidades personales como la iniciativa, el espíritu de superación, la perseverancia frente a las dificultades, la autonomía y la autocrítica, contribuyendo al aumento de la confianza en uno mismo y a la mejora de su autoestima.

2.12 COMPETENCIA MATEMÁTICA

El uso instrumental de conocimientos y técnicas matemáticas contribuye a configurar adecuadamente la competencia matemática, en la medida en que brinda situaciones de aplicación práctica, facilita la visibilidad de las relaciones entre los diferentes contenidos matemáticos y colabora a la confianza en el uso de las herramientas matemáticas. Algunas de ellas están especialmente presentes debido al manejo de la información procedente de los sensores del robot, procesamiento de la información según el programa de funcionamiento y envío de órdenes a los servomotores de salida. Esto permite trabajar en el aula cuestiones como la medición y el cálculo de magnitudes, el uso de escalas, y la resolución de problemas basados en la aplicación de expresiones matemáticas y principios físicos.

2.13 COMPETENCIA EN COMUNICACIÓN LINGÜÍSTICA

La contribución a la competencia en comunicación lingüística se realiza a través de la adquisición de vocabulario específico relacionado con el tema de los desafíos propuestos. Este vocabulario ha de ser utilizado en la preparación del proyecto científico en los procesos de búsqueda, análisis, selección, resumen y comunicación de información. La lectura, interpretación y redacción de informes y documentos técnicos contribuye al conocimiento y a la capacidad de utilización de diferentes tipos de textos y sus estructuras formales.

Por otro lado, la robótica es un área de conocimiento tecnológico muy actual. Como todos los campos de alta tecnología y en constante desarrollo, la mayoría de la nomenclatura técnica se encuentra en inglés. Esto permite contribuir al pluri-lingüismo con actividades de manejo de vocabulario técnico en inglés.

2.14 COMPETENCIA EN CONOCIMIENTO Y LA INTERACCIÓN CON EL MEDIO FÍSICO

Se contribuye a la adquisición de la competencia en el conocimiento y la interacción con el medio físico, principalmente mediante el conocimiento y comprensión de procesos y sistemas tecnológicos asociados a los robots, y a través del desarrollo de destrezas técnicas y habilidades para manipular objetos con precisión y seguridad.

La interacción con un entorno en el que lo tecnológico constituye un elemento esencial, se ve facilitada por el conocimiento y utilización del proceso de resolución técnica de problemas y su aplicación para identificar y dar respuesta a necesidades, evaluando el desarrollo del proceso y sus resultados.

2.15 COMPETENCIA SOCIAL Y CIUDADANA

La contribución a la adquisición de la competencia social y ciudadana, en lo que se refiere a las habilidades para las relaciones humanas vendrá determinada por el modo en que los equipos y el alumnado expresa y discute ideas y razonamientos, escucha a los demás, aborda dificultades, gestiona conflictos y toma decisiones, practicando el diálogo, la negociación, y adoptando actitudes de respeto y tolerancia hacia sus compañeros.

2.16 COMPETENCIA CULTURAL Y ARTÍSTICA

Por último, la competencia cultural y artística se desarrolla con la preparación de las presentaciones de los proyectos realizados al resto de compañeros y la posibilidad de plasmar todo lo aprendido en cada practica en un poster con los datos y programas realizados.

2.17 INTRODUCCIÓN ARDUINO

Arduino es una tarjeta electrónica que integra básicamente a un micro controlador, que es un pequeño circuito integrado que puede programarse, es decir, ejecutar ordenes pre cargadas, y un conjunto de pines de conexión de entradas y salidas que permiten, mediante un determinado programa, interaccionar con el medio físico mediante sensores y actuadores electrónicos. De esta forma podrás crear tus propios proyectos tecnológicos, dotarlos de sensores que detecten magnitudes físicas como luz, calor, fuerza, etc.... y en base a esa información, escribiendo un programa, activar otros dispositivos (actuadores) como pequeñas bombillas, ledes, servomotores, pequeños motores de corriente continua, relés, etc.... Los sensores se conectan a los pines de entrada y los actuadores a los de salida.

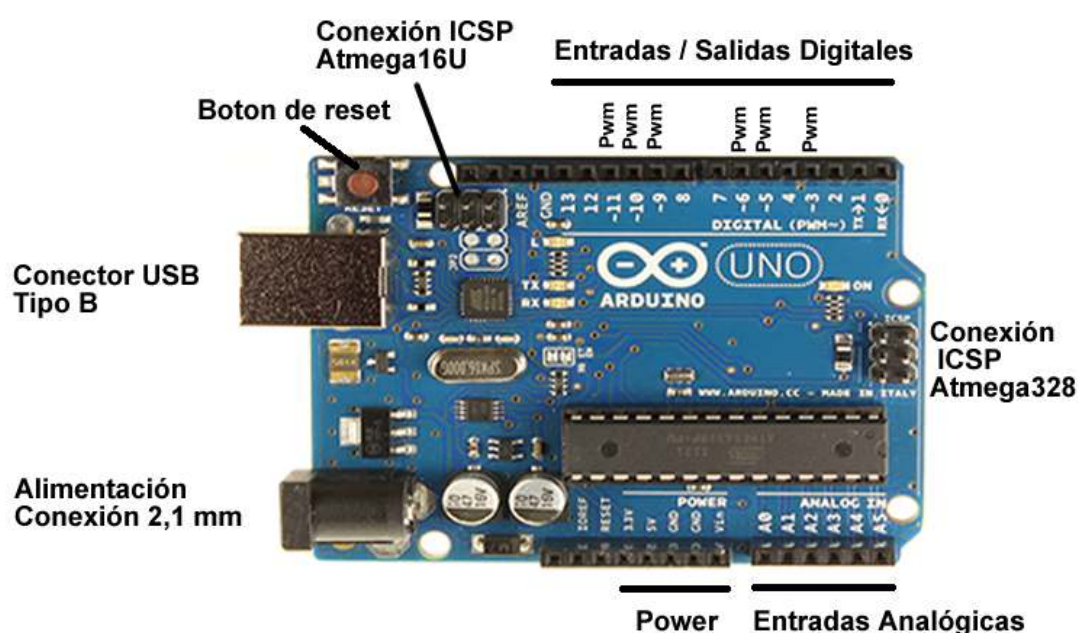


Foto 3. Placa Arduino Uno

Para conocer el sistema vamos a realizar varias practicas con LED para la realización de un semáforo y sensores que detecten diferentes magnitudes físicas. Las edades recomendadas para este tipo de cursos se encuentran de forma prematura desde los 8 hasta los 14 años.

Con estas prácticas vamos a conseguir:

- Conocer el funcionamiento y utilizar una tarjeta controladora.
- Aprender a utilizar los diagramas de flujo al realizar tareas de programación.
- Introducir el concepto de controladora.
- Mostrar cuáles son las principales controladoras disponibles en el aula de Tecnología y en el ámbito educativo.
- Mostrar las conexiones básicas.
- Conocer las interfaces de alguna de las controladoras empleadas en el taller de tecnología
- Conocer los fundamentos básicos del lenguaje para tarjetas controladoras.
- Presentar el diagrama de bloques de un sistema de control por ordenador.
- Revisar el concepto de señal digital.
- Mostrar las acciones básicas que pueden realizarse con un control de ordenador: accionamiento de diodos luminiscentes Leds.
- Presentar un sistema sencillo de control por ordenador.

2.17.1 CONCEPTOS BÁSICO

- Control por ordenador.
- Controladoras e interfaces de control.
- Dispositivos de entrada-salida de control.
- Tipos de controladoras centrándonos en concreto en una Arduino.
- Codificación de programas para tarjetas controladoras
- Interfaces de control y programación.
- Diagramas de flujo.

2.17.2 PROCEDIMIENTOS

- Utilizar la tarjeta controladora.
- Interpretar y elaborar de diagramas de flujo.
- Diseñar programa para controlar las entradas y salidas digitales de una controladora.
- Utilizar una controladora para regular el funcionamiento de circuitos eléctricos con la ayuda de un ordenador.
- Interpretar programas sencillos.
- Elaborar programas sencillos en lenguaje para Arduino y utilizarlos a continuación para el control de sistemas.

2.18 _MÉTODOLÓGIA

El método básico de trabajo a seguir será el que permita a los niños experimentar los principios de programación y armado de los robots y que permitan la comprensión de los conceptos que se van a explicar en el taller.

Dependiendo de la dinámica grupal que se lleve a cabo, se realizará la introducción de las prácticas y si el profesor lo desea, puede continuar con una actividad que mostrará el reto de la actividad a realizar según lo explicado. Las actividades pueden utilizarse simultáneamente, sin embargo, se recomienda enseñar los temas base en un inicio para que el alumno conozca los principios básicos en el uso del software y la programación del robot.

Conectar, Construir, Contemplar y Continuar. Esto les permitirá progresar naturalmente por medio de las actividades.

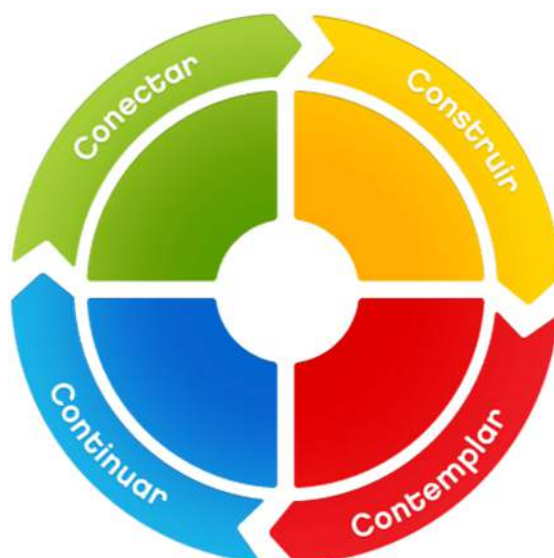


Fig. 3. Sinergia del método de trabajo

1ª. Conectar. Una clave para aprender haciendo es el hecho del que el niño aprende mejor cuando ellos pueden relacionar una nueva experiencia a cualquier conocimiento existente en su memoria o quedar expuesto a ideas que lo inspiren a aprender más acerca de ello. Esta fase ayuda a proporcionar un contexto, relacionándolo a un problema o desafío de la vida cotidiana que los alumnos deben resolver

2ª. Construir. En esta fase se refiere a la construcción o ensamble de cosas del mundo real, para que el nuevo conocimiento pueda ser relacionado a situaciones de su vida cotidiana. Tendrán asignaciones diferentes en los cuales tendrán que planear, animar y resolver con sus propias propuestas los desafíos o problemas propuestos en la fase anterior.

3ª. Contemplar. Un importante aspecto del proceso de aprendizaje es la contemplación. Implica que los alumnos tomen su tiempo para pesar acerca del problema propuesto, observando y construyendo de tal modo que profundicen, reflexionen y comprendan lo que están haciendo al igual que adaptar sus ideas.

4ª. Continuar. Finalmente, la fase de continuar nos permite estimular su curiosidad, siendo esta una parte natural en el alumno, esta cualidad nos ayuda a animar al estudiante a proponer nuevas soluciones al problema propuesto. Esto le permitirá al alumno iniciar nuevamente en la etapa de construir, logrando un aprendizaje constante y con diferentes niveles de complejidad en los problemas o desafíos que se le presenten.

Este método tiene en cuenta la conocida pirámide del aprendizaje de Edgar Dale. Dicha pirámide representa la profundidad del aprendizaje realizado con la ayuda de diversos medios externos y nos muestra que aprendemos y recordamos más, acerca de lo que hacemos y decimos.



Fig. 4. Pirámide de las competencias adquiridas durante el aprendizaje.

2.19 MÉTODO COMPARATIVO CONSTANTE (CUANTITATIVA)

Esta teoría deductiva e intuitiva surge de la observación y genera datos, esta teoría tiene como principal objetivo explicar el suceso mediante pronósticos y predicciones.

Este método codifica y analiza datos para desarrollar conceptos, mediante la comparación continua de incidentes específicos de los datos el investigador identifica conceptos y propiedades y desarrolla una teoría para generar modelos para facilitar el análisis), tenemos que identificar patrones además de relaciones entre dichos patrones, lo que concluye que tenemos que generar una serie de categorías “inductivas” y hacer un análisis con el comportamiento social del grupo.

2.20 MUESTREO TEÓRICO (CUALITATIVA)

El análisis focalizaría plantear un foro y cada alumno prepare una redacción no más varias líneas, sobre el tema a tratar. Posteriormente se evalúan dichas propuestas que Según Strauss y Corbin (2002) el primer paso del análisis tendríamos la codificación abierta sería una análisis por rotulación donde evaluaríamos frase a frase la propuesta de los alumnos al foro expuesto. El segundo paso sería la codificación axial, sería generar categorías y sub-categorías.

2.21 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

Los objetivos son que los alumnos aprendan la dinámica de programación de mediante algoritmos de resolución de cálculos de áreas y ángulos de triángulos con el MBOT, para que realice funciones varias.

2.22 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

- Desarrollo de las habilidades en la programación del robot educativo.
- Identificar los parámetros que determinan cada acción.
- Diseñar el algoritmo de ejecución para realizar la tarea propuesta.
- Participación en el grupo de trabajo y aportación de ideas.

2.22.1 INSTRUMENTOS PARA RECOGER LA INFORMACIÓN QUE QUIERES DESCRIBIR.

Mediante una Pantalla interactiva y el robot Mbot, daríamos las consignas o materias necesarias para realizar el análisis. Utilizaríamos unas plantillas a modo de cuestionario donde cada alumno determinará el hito conseguido en el desarrollo de las actividades. El Docente valorará la participación de cada uno en el desarrollo de las mismas.

2.22.2 PLANIFICACIÓN O FASES DE LA INVESTIGACIÓN

1. Presentación de las variables que pueden desarrollar el Robot educativo
2. Mostrar dos casos prácticos y desarrollar de los pasos de dicho proceso.
3. Plantear un problema determinado, con hitos a cumplir.
4. Tiempo de trabajo de los alumnos (30 minutos).
5. Rellenar por cada alumno la ficha con los hitos conseguidos con la supervisión del docente.
6. Una vez recogidas las fichas y resolución del ejercicio.
7. Resolución de dudas y apreciaciones del docente en la adquisición de competencias de los alumnos.
8. Una vez obtenidos los resultados, interpretación de los mismos.

2.22.3 APLICACIÓN MUESTREO TEÓRICO

Todo proyecto educativo debe enmarcar su funcionamiento y accionar a la luz de un marco pedagógico elocuente y fácilmente comprensible para quienes tienen la tarea de ejecutarlo. El enfoque o marco pedagógico extrae y coloca como derroteros los ejes epistemológicos sobre los cuales el proyecto educativo va a conducir sus esfuerzos y con los cuáles valorará su impacto y alcance.

Los contenidos que los estudiantes abordan en los proyectos de robótica educativa, los hemos pulido regularmente. En los primeros años del proyecto, procurábamos que los estudiantes escogieran una temática particular que deseaban estudiar y luego se les apoyaba para que construyeran una representación con robótica que mostrará parte de ese aprendizaje. Por las facilidades que brindan los recursos del mercado para hacer construcciones y programaciones (por ejemplo el LEGO), los estudiantes optaban por proyectos que se representaban (construían y programaban) fácilmente como máquinas u objetos aislados y sin relación con respecto a otros creados por los estudiantes de su mismo grupo

2.22.4 PROBLEMA A INVESTIGAR

Comparación entre tiempos de comprensión de las materias utilizando método ordinario según libros didácticos y TICs.

2.23 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

Los objetivos son que los alumnos aprendan la dinámica de programación de mediante algoritmos la programación, para que realice funciones varias.

2.24 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

- Preparar un formulario conjuntamente de hitos a superar.
- Rellenar el formulario de la encuesta por cada alumno determinando categorías y sub-categorías del ejercicio.
- Determinar a partir del formulario las categorías y sub-categorías y tener en cuenta para explicar la actividad.

2.25 MATERIAL PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO

Utilizaríamos unas plantillas a modo de cuestionario donde cada alumno determinará el hito conseguido en el desarrollo de las actividades. El Docente valorará la participación de cada uno en el desarrollo de las mismas.

2.26 PLANIFICACIÓN O FASES DE LA INVESTIGACIÓN

1. Presentación de las variables que pueden desarrollar el Robot educativo
2. Plantear un foro de actuación donde se determinan las categorías y sub-categorías del desarrollo de programación para obtener áreas y ángulo de triángulos.
3. Confección de ficha donde cada alumno caracteriza las prioridades y definiciones de las categorías y sus categorías.
4. Evaluar las fichas elaboradas y generar una estrategia común a seguir para adquirir las competencias buscadas.
5. Generar una hoja de ruta común e impartir la materia.
6. Evaluar de forma individual mediante una ficha de seguimiento los objetivos conseguidos.
7. Realizar un análisis porcentual de resultados común por categorías y sub-categorías

Los objetivos están determinados por la el desarrollo de los elementos o hitos logrados y poder cuantificar el desarrollo de la evolución de las competencias adquiridas.

2.27 OBJETIVOS GENERALES

Descubrir por qué estudiantes de la misma edad o nivel escolar obtienen diferentes resultados en la materia propuesta y cómo esta variabilidad se explica según el entorno de cada aula, así como clasificar de forma previa los alumnos con problemas de inserción derivados de problemática domestica.

2.28 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar los diferentes recursos de que dispone cada alumno, tipo tablets, calculadoras ,Smartphone y relacionarlos con el rendimiento de la actividad ,dependiendo de la edad y país y zona de origen dentro de la comarca determinada edad y niveles de grado dentro del centro.

Instrumentos que utilizarías para recoger la información que quieres medir.

- Ficha de resultados de cada alumno, dónde se detalla el resultado obtenido.
- Pizarra interactiva para generar una razón estadística y poder generar una estrategia común.

2.29 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

1. Explicar los conceptos generales de cálculo de áreas de polígonos
2. Evaluar y determinar unos objetivos a cumplir.
3. Repartir fichas con el desarrollo de los puntos a superar, marcados porcentualmente para poder evaluar el alcance de cada alumno.
4. Hacer un análisis cuantitativo general de los resultados.
5. Separar dichos resultados por edades
6. Modelizar mediante un análisis auto-regresivo lineal de media móvil los resultados obtenidos, para poder seguir la línea de investigación y realizar modelos predictivos.

2.30 EVALUACIÓN

Determinamos la puntuación de cada alumno según los resultados obtenidos, para ello marcamos una puntuación según el alcance de la respuesta que haya logrado en su equipo informático.

Grado 1 (4 Puntos)

1. Maniobras básicas con el Robot , dónde el alumno tiene como objetivo desplazar hacia delante el Robot y se pare ante un obstáculo.

Grado 2 (2 Puntos)

2. Realizar ábaco de optimización que obtendríamos entre la relación del área y el perímetro.

Grado 3 (2 Puntos)

3. Aprender los parámetros básicos de la programación del Robot educativo.

Grado 4 (2 Puntos)

4. El Robot seguiría una línea determinada por nosotros un lado determinado ,creando un cuadrado elegido dentro del ábaco que creamos en el paso 1.

Tabla 1. Sistema de Evaluación para determinar criterios pedagógicos en el estudio de robótica

		Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4
Grado específico	Competencias/ Tarea de trabajo	Desplazar el Mbot hasta encontrar obstáculo y parar	Desplazar Mbot hasta encontrar línea y parar	EL Mbot debe seguir el recorrido de una línea siguiendo su trazado	El Mbot debe seguir una línea y contar el espacio recorrido y mostrarlo en la pantalla de Led's
General	Comprensión de las instrucciones básicas	1 Punto	0.5 Punto	0.5 Punto	0.5 Punto
	Aprendizaje de la programación de los sensores y dispositivos de control	1 Punto	0.5 Punto	0.5 Punto	0.5 Punto
Específico	Operaciones de programación con sensores	1 Punto	0.5 Punto	0.5 Punto	0.5 Punto
	Operaciones de programación de control de secuencias	1 Punto	0.5 Punto	0.5 Punto	1 Punto

3 RESULTADOS

3.1 ANÁLISIS MEDIANTE REGRESIÓN LINEAL

El análisis de regresión lineal múltiple busca establecer una relación entre una variable dependiente en este caso el ausentismo laboral y dos o más variables independientes.

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon \quad (1)$$

En método basado en un registro de datos lo cual se hace normalmente basado en el método de mínimos cuadrados con el Minimizar la diferencia entre los valores observados y estimados. Los valores obtenidos del modelo predictivo deben tener poca o ninguna correlación con los datos de las variables de base del estudio para evitar problemas causados por la multicolinealidad. De esta manera obtenemos unos parámetros en primer lugar y un último término independiente se denomina residual (o error ajustado).

El análisis de regresión se utiliza de otra manera para probar la significación general (prueba F) de la ecuación Y (Abstención laboral) la importancia de cada coeficiente de regresión. En orden para obtener resultados válidos de estas pruebas Y distribuidos independientemente, con una media de cero y una varianza constante de r^2 , coeficiente de determinación, que no sólo indica la bondad del ajuste, sino que también puede ser interpretado como la cantidad de variación de la variable dependiente explicado por la ecuación de regresión.

Antes de seleccionar un modelo de regresión, es aconsejable corroborar la matriz de variables tanto dependiente como las variables de base predictivas para ver si la regresión lineal es apropiada y, en caso afirmativo, qué modelo debería ser adoptado. Aquí una ecuación lineal podría ser suficiente, pero para cuidar cualquier curvatura se incorporó un término de segundo orden. Ambas matrices de diagrama de dispersión también indican una fuerte correlación entre las variables independientes modelos.

El análisis de regresión real se realizó iterativamente con el paquete de software IBM SPSS Statistics, versión 21. Durante estas iteraciones, se eliminaron los valores atípicos de las condiciones residuales, ya que calculado durante el análisis de regresión lineal se basan en una distribución de estos términos de error. La medida en que estos términos fueron eliminados de la norma términos de error.

3.2 ANÁLISIS MEDIANTE MÉTODOS AUTOREGRESIVOS DE MEDIA MÓVIL

La metodología ARIMA tiene como objetivo extraer las regularidades observadas en el comportamiento anterior de la variable, y si ellas condiciones estructurales que componen la serie permanecen constantes, predecir su comportamiento en el futuro. Este modelo es conocido como Box - Jenkins por ser sus creadores [35,36]. Es ampliamente utilizado para el análisis de series económicas, así como en hidrología, medicina y meteorología, aunque el campo en el que la metodología ARIMA encuentra su papel principal para la predicción fines es con predicción a corto plazo y en serie con una componente estacional.

La teoría de los procesos estocásticos, la ARIMA procesos, proporciona una metodología general para el análisis de una sola variable en la serie que muestra una clara dependencia entre valores presentes y pasados. Auto-regresivo (AR), Integrado (I), de promedios móviles (ARMA). El modelo ARIMA presenta una ecuación explícita que nos permite describir una observación de la serie como lineal función de los datos anteriores y los errores debidos al azar, que pueden también incluye un componente cíclico o estacional que describe cada uno de los componentes que pueden ser parte del modelo, así como la notación usualmente usada para describirlos, que será utilizado en este estudio. La función general representada por el modelo ARIMA (p, d, q).

3.3 MODELOS AUTORREGRESIVOS AR(p)

Los modelos ARIMA tratarán de expresar la evolución de una variable Y_t de un proceso estocástico en función del pasado de esa variable o de impactos aleatorios que esa variable sufrió en el pasado. Para ello, se utilizarán dos tipos de formas funcionales lineales sencillas: los modelos AR (Modelos Auto-regresivos), y los modelos MA (de Medias Móviles).

Definimos un modelo AR (autorregresivo) como aquel en el que la variable endógena de un período t es explicada por las observaciones de ella misma correspondientes a períodos anteriores (parte sistemática) más un término de error ruido blanco (innovación).

Los modelos auto-regresivos se abrevian con la palabra AR tras la que se indica el orden del modelo: AR(1), AR(2),....etc. El orden del modelo expresa el número de observaciones retrasadas de la series temporal analizada que intervienen en la ecuación. Así, por ejemplo, un modelo AR(1) tendría la siguiente expresión:

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + a_t \quad (2)$$

La expresión genérica de un modelo auto-regresivo, no ya de un AR(1) sino de un AR(p) sería la siguiente:

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + a_t \quad (3)$$

3.3.1 MODELO DE MEDIAS MÓVILES MA(q)

Un modelo de los denominados de medias móviles es aquel que explica el valor de una determinada variable en un período t en función de un término independiente y una sucesión de términos de error, de innovaciones correspondientes a períodos precedentes, convenientemente ponderados. Estos modelos se denotan normalmente con las siglas MA, seguidos, como en el caso de los modelos autorregresivos, del orden entre paréntesis. Así, un modelo con q términos de error MA(q) respondería a la siguiente expresión:

$$Y_t = \mu + a_t + \theta_1 a_{t-1} + \theta_2 a_{t-2} + \dots + \theta_q a_{t-q} \quad (4)$$

3.3.2 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

En dicho estudio la población estaba compuesta por 20 alumnos que se les puntuaba sobre cuatro fases del desarrollo de programación tanto en sistema Arduino+ Scratch como EV3 MindStorm. El tiempo de la prueba fue de 45 minutos.

Sobre una puntuación de 10, se evaluó a los alumnos en los dos sistemas según los logros obtenidos en el ordenador. posteriormente se realiza una modelización de los resultados obtenidos.

Tabla 2. Resultados de las pruebas de realizadas asociados a los resultados de las notas de matemáticas según distribución de edades

Calificación de respuestas correctas por alumno Makeblock/Arduino+Scratch				Calificación de respuestas correctas por alumno MindStorm EV3			
Alumnos	Edad	Notas en Matemáticas	Respuestas correctas	Alumnos	Edad	Notas en Matemáticas	Respuestas correctas
1	10	5,70	7,00	1	10	5,70	5,00
2	10	7,00	6,00	2	10	7,00	8,00
3	10	4,20	5,00	3	10	4,20	4,00
4	10	6,60	7,00	4	10	6,60	7,00
5	11	7,00	6,00	5	11	7,00	8,00
6	11	3,00	5,00	6	12	3,00	1,00
7	11	4,00	5,00	7	12	4,00	4,00
8	12	5,00	6,00	8	12	5,00	5,50
9	12	5,80	6,00	9	12	5,80	4,20
10	12	8,70	8,00	10	10	8,70	6,00
11	10	7,40	7,00	11	10	7,40	6,00
12	10	5,00	5,50	12	10	5,00	4,00
13	11	4,30	5,00	13	11	4,30	2,00
14	11	7,00	6,00	14	11	7,00	8,00
15	11	5,00	6,00	15	11	5,00	5,00
16	13	6,30	5,50	16	13	6,30	5,00
17	13	8,40	8,00	17	13	8,40	9,00
18	14	7,50	7,00	18	14	7,50	8,00
19	15	8,00	7,00	19	15	8,00	9,00
20	15	6,50	8,00	20	15	6,50	9,00

Secuencia de la evaluación:

1. Recopilación de datos de la serie.
2. Análisis de la estacionalidad y posible transformación de la serie.
3. Identificación de la modelo.
4. Estimación de coeficientes del modelo.
5. Validación y selección del modelo
6. Predicción.

3.3.3 MODELIZACIÓN DE LOS RESULTADOS

Utilizando el Software SPSS IBM, realizamos las regresiones lineales múltiples donde la variable dependiente será la nota obtenida en la prueba de robótica para ambos sistemas.

3.3.4 MÉTODO REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE VARIABLE

Tabla 3. Datos estadísticos mediante regresión múltiple para estudio Makeblock/ Scratch+ Arduino

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,82
Coeficiente de determinación R ²	0,73
R ² ajustado	0,69
Error típico	0,56
Observaciones	20

Tabla 4. Análisis de varianza para estudio Makeblock/ Scratch+ Arduino

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	14,03	7,01	21,81	2,68 E-05
Residuos	16	5,14	0,32		
Total	18	19,18			

Tabla 5. Datos estadísticos mediante regresión múltiple variable para estudio MindStorm EV3

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,89
Coefficiente de determinación R^2	0,75
R^2 ajustado	0,67
Error típico	1,35
Observaciones	20

Tabla 6. Análisis de varianza para estudio MindStorm EV3

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	72,99	36,4	19,80	4,62 E-05
Residuos	16	29,41	1,83		
Total	18	102,40			

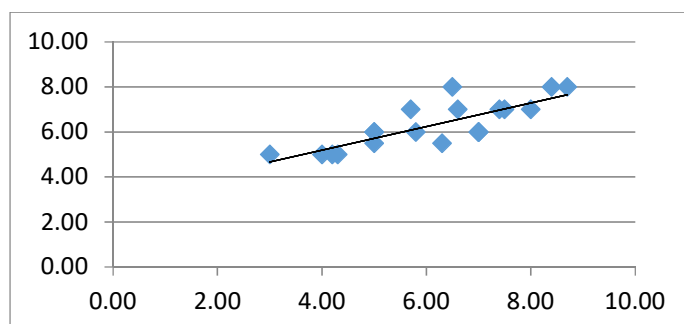


Fig. 5. Regresión de datos de muestreo alumnos en la prueba de Makeblock/ Scratch+ Arduino

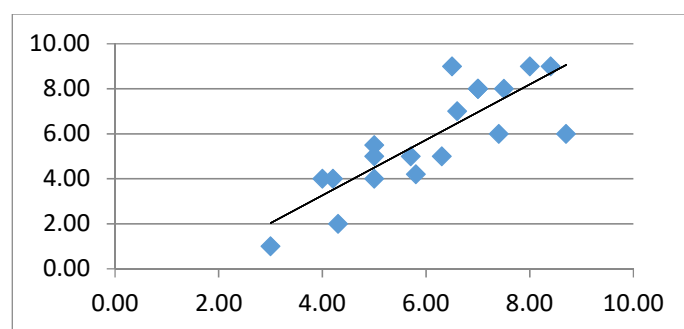


Fig. 6. Regresión de datos de muestreo alumnos en la prueba de MindStorm EV3

$$y = 1.232x - 1.656 \quad (5)$$

$$y = 0.522x + 3.101 \quad (6)$$

La figura 7 y 8, muestran las regresiones combinadas entre los datos de entrada, la cual nos da una indicación del índice correlativo entre dichos datos. R^2 expresa la proporción de varianza de la variable dependiente que está explicada por la variable independiente, el cual es mejor en el modelo de segundo orden, R^2 ajustada es una mejora de R^2 según el número de variables

El dato de la estadística de Durbin-Watson, es un dato que determina la presencia de auto correlación, dónde los valores menores que 2 indican auto correlación positiva y los mayores que 2 auto correlación negativa. Así el coeficiente de Durbin-Watson está mejor ajustado en el modelo de regresión lineal que en el de segundo orden. Como tanto los valores de los dos modelos se encuentran entre 1,5 y 2,5, podemos asumir que los residuos son independientes. El RSME (desviación de la raíz cuadrada media) de los modelos de primer y segundo grado 0.81 y 2.34 lo que sugiere que la ecuación de estimación presentada anteriormente funciona razonablemente bien durante el período de estudio.

En resumen, el error se distribuyó con una varianza constante. La estadística de Durbin-Watson sugirió que los errores no fueron auto correlacionados para ambos modelos.

3.3.5 MÉTODO AUTO REGRESIVO DE MEDIA MÓVIL

Tabla 7. Datos estadísticos mediante ARIMA (2,0,2) para estudio Makeblock/ Scratch+ Arduino

Estadístico de ajuste	Media
R cuadrado estacionaria	0,85
R cuadrado	0,85
RMSE	1,234
MAPE	19,986
MaxAPE	103,420
MAE	,816
MaxAE	2,016
BIC normalizado	1,470

Tabla 8. Parámetros de modelización para ARIMA (2,0,2) para estudio Makeblock/ Scratch+ Arduino

Nota	Sin transformación	Constante		-5,710	2,528	-2,258	,040
		AR	Retardo 1	-,425	,475	-,895	,386
			Retardo 2	-,119	,317	-,375	,714
		MA	Retardo 1	-,994	9,463	-,105	,918
Nota Matemáticas	Sin transformación	Numerador	Retardo 0	1,248	,241	5,185	,000
Edad	Sin transformación	Numerador	Retardo 0	,342	,216	1,584	,135

Tabla 9. Datos estadísticos mediante ARIMA (2,0,2) para estudio MindStorm EV3

Estadístico de ajuste	Media
R cuadrado estacionaria	0,92
R cuadrado	0,87
RMSE	,499
MAPE	5,400
MaxAPE	15,695
MAE	,335
MaxAE	1,099
BIC normalizado	-,491

Tabla 10. Parámetros de modelización para ARIMA (2,0,2) para estudio MindStorm EV3

Nota	Sin transformación	Constante		2,062	,443	4,652	,000
		AR	Retardo 1	-1,592	,173	-9,183	,000
			Retardo 2	-,880	,136	-6,470	,000
		MA	Retardo 1	-,991	5,818	-,170	,000
Nota Matemáticas	Sin transformación	Numerador	Retardo 0	,562	,054	10,411	,000
Edad	Sin transformación	Numerador	Retardo 0	,064	,045	1,422	,177

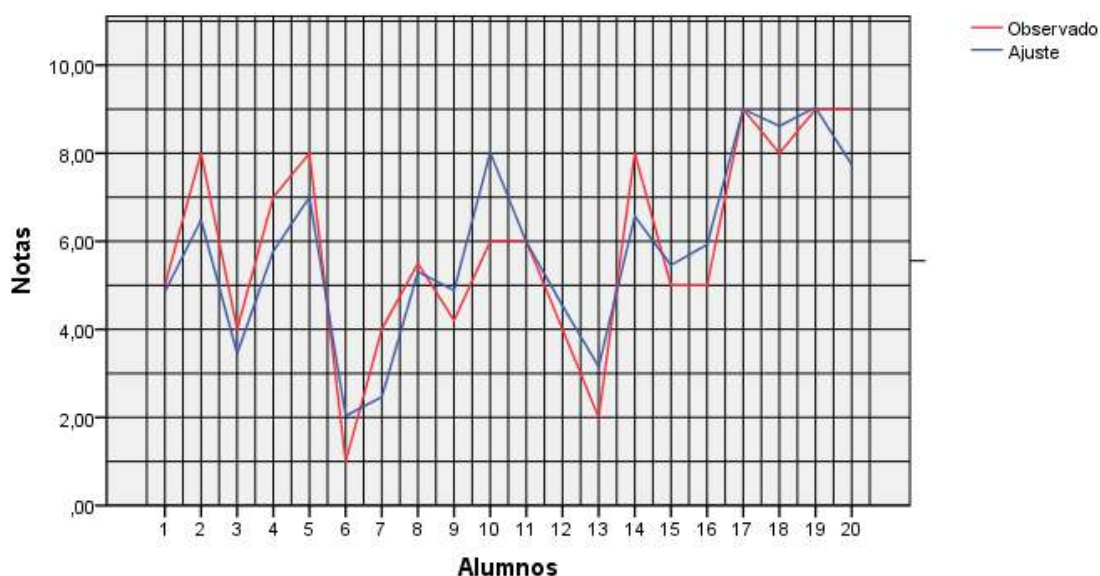


Fig. 7. Curvas comparativas entre datos de muestra observados y de ajuste según modelo ARIMA (2, 0,2), para evaluación de programación Makeblock/ Scratch+ Arduino

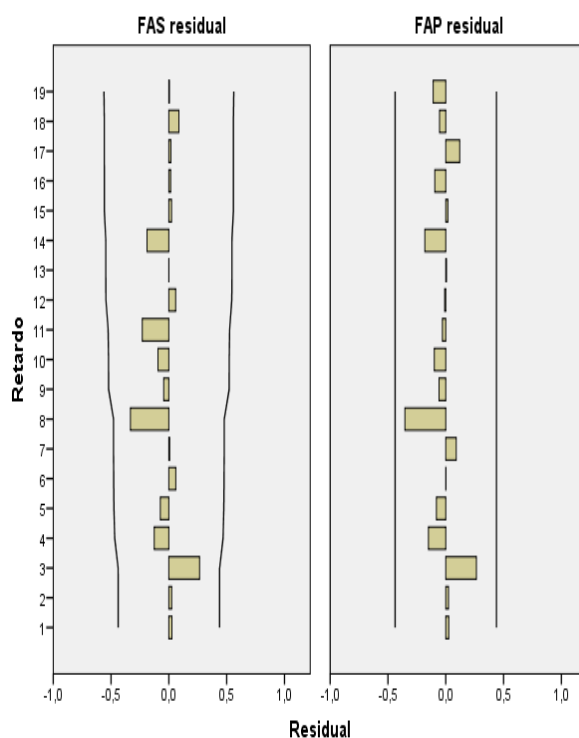


Fig. 8. Resultado de la estacionalidad mediante autocorrelación ,midiendo periodos estacionales valorando los retardos Makeblock/ Scratch+ Arduino

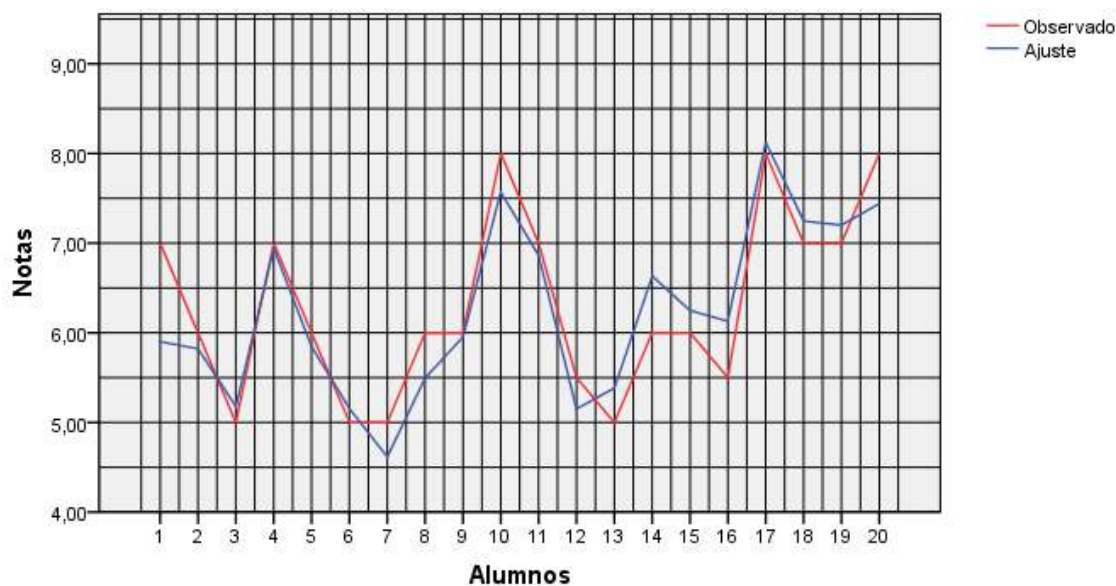


Fig. 9. Curvas comparativas entre datos de muestra observados y de ajuste según modelo ARIMA (2, 0,2), para evaluación de programación MindStorm EV3

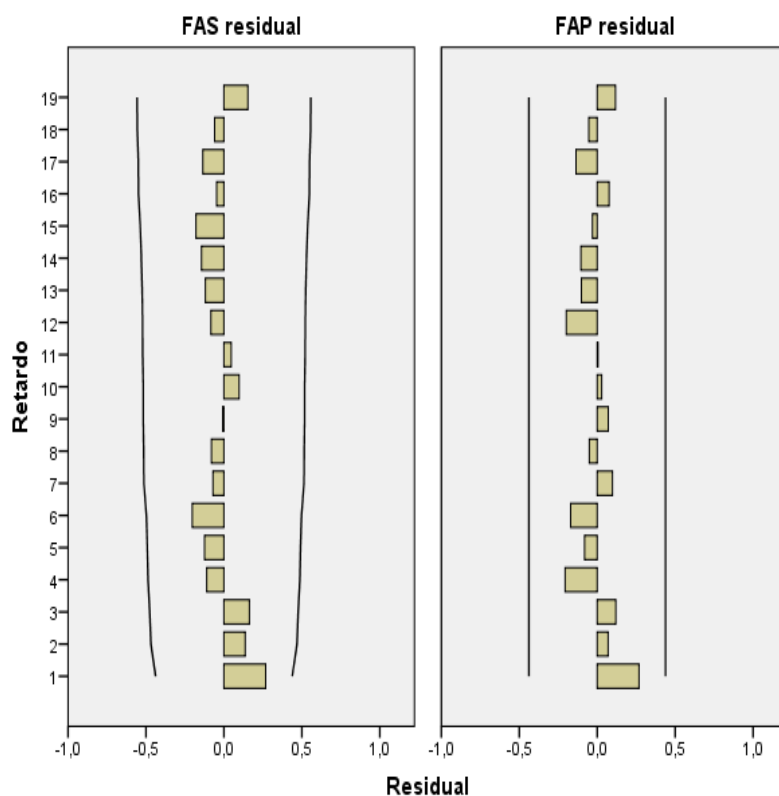


Fig. 10. Resultado de la estacionalidad mediante autocorrelación, midiendo periodos estacionales valorando los retardos Makeblock/ Scratch+ Arduino

Se observa que las funciones de auto correlación (FAS) y autocorrelación parcial (FAP), Figura 8, 10, estimadas también validan los periodos estacionales porque los coeficientes de la FAS para retardos Además, para una cantidad grande de retardos la ACF.

Se configura en forma de abanico que completa su ciclo girando sobre el eje de abscisas para una cantidad de retardos. Igual al período estacional.

Por otro lado, la FAS presenta estructura de coeficientes significativos para retardos periódicos largos.

Con los datos obtenidos de la irradiación mensual, llevamos a cabo los cálculos del pronóstico para el modelo ARIMA, de acuerdo con la metodología de Box-Jenkins utilizando el software de modelado matemático IBM SPSS Statistics v.23. El cálculo del modelado se realiza de dos formas diferentes, primeramente, mediante el módulo de modelado experto de SPSS, mostrando en la Tabla 3 los resultados obtenidos, según los modelos sugeridos por el software para cada estación. Posteriormente realizamos los cálculos siguiendo los pasos para él según el procedimiento Box-Jenkins, con el cual se obtuvo otro tipo de modelado ARIMA (p,d,q), en este caso para las tres estaciones nos da un modelo ARIMA (2,0,2), que es un modelo ARMA (2,2), verificando los resultados en la Tabla 4. Con los datos obtenidos, la comparación se realiza utilizando el índice de regresión r^2 de Karl Pearson para justificar su mayor o menor correlación. También hemos comparado la precisión de las diferentes regresiones mediante el cálculo del RMSE y de MAPE, que es un indicador del pronóstico que mide el tamaño del error absoluto en términos porcentuales, lo que nos da una medida relativa del error. Las funciones utilizadas son las siguientes:

$$RMSE = \left[\frac{1}{t} \sum_{i=1}^t (u_p - u_o)^2 \right]^{1/2} \quad MAPE = \frac{100}{t} \sum_{i=1}^t \left| \frac{G_r - G_f}{G_r} \right|$$

Donde "t" es el número de observaciones, "u" son los residuos de las estimaciones, el subíndice "p" es el residuo pronosticado y "o" el residuo observado, "Gr" es la irradiación real calculada y "Gf" es la irradiación estimada según el modelo de pronóstico analizado.

Se verifica con los resultados obtenidos, como el modelo calculado por el procedimiento Box-Jenkins se obtienen mejores resultados, que con el módulo experto de SPSS Statistics, con valores muy altos de los indicadores de ajuste en los tres sistemas de cálculo de predicción: R^2 , RMSE y MAPE.

La Figuras 8 y 10 muestran los resultados para los cálculos de la función de auto correlación (ACF) y la auto correlación parcial (PACF) de las series diferenciadas, podemos identificar los números de los términos AR y MA que se necesitan para el cálculo manual. Los valores varían dentro de los límites de IC del +-95%.

La función característica del modelo ARIMA (2,0,2) obtenido para la predicción de valores según las auto-regresiones de media móvil obtenidas en el estudio para programación robótica Arduino y MindStorm EV3:

$$Y_t = 5.755,98 + -0.425 Y_{t-1} - 0.994 Y_{t-2} + 1.24 \varepsilon_{t-1} + 0.3342 \varepsilon_{t-1} \quad (7)$$

$$Y_t = 2.062 + -1.592 Y_{t-1} - 0.884 Y_{t-2} - 0.991 \varepsilon_{t-1} + 0.562 \varepsilon_{t-1} \quad (8)$$

4 CONCLUSIONES

El estudio realizado resalta que la nota promedio de aciertos en la actividad del sistema Arduino es de un 6,30 donde todos los alumnos superan por encima de la media del total de preguntas, dicha prueba, mientras que en el caso del sistema EV3 hay alumnos que no superan las pruebas siendo la nota media más baja de un 5,90%.

La parametrización de los resultados mediante regresión lineal múltiple tiene un error mayor que la realizada mediante el modelo Arima, que este caso usamos un Arma(2,2). De esta forma la relación entre las calificaciones de matemáticas y los resultados obtenidos guardan una gran similitud según la constante de Pearson con mayor porcentaje de aproximación con el método auto regresivo.

La correspondencia entre la calificación entre la nota de matemáticas y las clasificaciones en la prueba de robótica tiene una correlación muy aceptable.

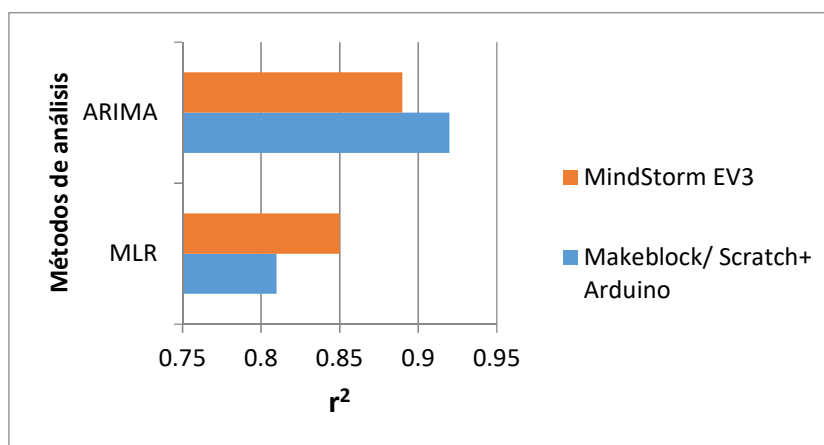


Fig. 11. Error relativo porcentual de las regresiones realizadas mediante Regresión lineal Múltiple y Método Arima

El estudio del análisis de datos mediante regresión lineales de los mismos, obtenemos el mejor ajuste con el modelo auto-regresivo de media móvil, siendo el ejercicio de sistema de programación de Makeblock el que mejor ajuste obtenido, tal como se muestra en la figura 11.

La necesidad de este tipo de estudios es patente ya que facilita la metodología más adecuada y poder adaptar para cada el tipo de grupo según edad y desarrollo en las competencias de la asignatura de matemáticas.

Existe múltiple evidencia de que niños con ciertos niveles de deficiencia o dificultad para el aprendizaje reaccionan en forma positiva al uso de la robótica educativa, así como fomentar este tipo de actividades complementarias ayudan de forma positiva a la evolución de los alumnos orientados hacia materias tecnológicas.

Los objetivos propuestos se cumplieron según las prioridades expuestas en el segundo punto, de tal manera que citando a los objetivos generales resumimos nuestro escenario de resultados.

4.1 OBJETIVOS LOGRADOS

PROPONER Y DIVULGAR LA ROBÓTICA EDUCATIVA

Las actividades desarrolladas con los bloques educativos de Makeblock y MindStorm permitieron a los alumnos un acercamiento y conocimiento de la dinámica de los productos educativos actuales que se encuentran en el mercado.

De esta manera los sistemas de programación e interacción con el robot educativos están diseñados para una fácil accesibilidad a nivel visual.



Foto 19. Taller de Robótica Educativa IES El Rincón

ACCESO SENCILLO E INTERCONEXIÓN CON OTRAS MATERIAS COMPLEMENTARIAS

Como demuestra el estudio realizado, propone una inter-correlación directa entre la nota de la asignatura de matemáticas y los test propuestos en los talleres realizados, lo cual ratifica el éxito conseguido en el hito inicial de herramienta complementaria dentro del campo de las TIC's.

Los resultados obtenidos resaltan que la acción coordinada y colaborativa de los docentes o aprendices se asienta temporalmente a través del trazado de mapas en hacia una integración de las nuevas tecnologías en el plano educativos más allá de ser un mero complemento.

4.2 FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO O INVESTIGACIÓN

- Sería válido y necesario futuras leyes o decretaos que impulsen específicamente la educación STEAM y que facilite los proyectos relativos de aprendizaje de este tipo de Curriculum.
- Propuestas de nuevos Kit s de robótica que propongan una utilización modular y permita a los alumnos que impliquen una mejora en el tiempo de aprendizaje y utilización de sistemas de programación de los mismos.
- Estudios basados en la unidad interdisciplinar de cada etapa del proceso de aprendizaje que permitan evaluar de forma cuantitativa la evolución en cada hito del proceso.

REFERENCIAS

- [1] Arlegui, J., Menegatti, E., Moro, M., & Pina, A. (2008). Robotics, computer science curricula and interdisciplinary activities. In Proceedings of the TERECoP Workshop "Teaching with robotics, Conference SIMPAR (pp. 10-21).
- [2] Atmatzidou, S., Markelis, I., & Demetriadis, S. (2008, November). The use of LEGO Mindstorms in elementary and secondary education: game as a way of triggering learning. In International Conference of Simulation, Modeling and Programming for Autonomous Robots (SIMPAR), Venice, Italy.
- [3] Monsalves González, S. (2011). Estudio sobre la utilidad de la robótica educativa desde la perspectiva del docente. Revista de Pedagogía, 32 (90).
- [4] Castillo Pinto, R. O. (2014). Robótica educativa: Espacios Interactivos Para el desarrollo de Conocimientos y Habilidades de los Niños y Jóvenes de las Instituciones Educativas.
- [5] Sánchez, F. Á. B., & Guzmán, A. F. (2012). La robótica como un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollo de competencias generales. Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información, 13(2), 120-136.
- [6] Moreno, I., Muñoz, L., Serracín, J. R., Quintero, J., Pittí Patiño, K., & Quiel, J. (2012). La robótica educativa, una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las tecnologías. Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información, 13(2).
- [7] Salamanca, M. L. P., Lombana, N. B., & Holguín, W. J. P. (2010). Uso de la robótica educativa como herramienta en los procesos de enseñanza. Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+ D, 10(1), 15-23.
- [8] Tec, B., Uc, J., Gonzalez, C., García, M., Escalante, M., & Mantañez, T. (2010). Analisis comparativo de dos formas de enseñar matemáticas básicas: robots lego nxt y animación con scratch. In Memorias de la Conferencia Conjunta Iberoamericana sobre Tecnologías para el Aprendizaje (pp. 103-109).
- [9] Chavarría, M., & Mella, A. S. (2010). La robótica educativa como una innovativa interfaz educativa entre el alumno y una situación-problema. Didasc@ lia: Didáctica y Educación, (2), 1-12.
- [10] Conchinha, C., Silva, S. G., & Freitas, J. C. (2015). La robótica educativa en contexto inclusivo. Ubicuo Social: Aprendizaje con TIC.
- [11] Castro Rojas, María Dolores, and Ana Lourdes Acuña Zuñiga. "Propuesta comunitaria con robótica educativa: valoración y resultados de aprendizaje." Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información 13, no. 2 (2012).
- [12] González, Juan J., and Jovani Alberto Jiménez Builes. "La robótica como herramienta para la educación en ciencias e ingeniería." IE Comunicaciones: Revista Iberoamericana de Informática Educativa 10 (2009): 31-36.
- [13] Acuña Zúñiga, Ana Lourdes. "Diseño y administración de proyectos de robótica educativa: lecciones aprendidas." Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información 13, no. 3 (2012)
- [14] Odorico, Arnaldo. "La robótica desde una perspectiva pedagógica." Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales 2, no. 5 (2005): 33-48.

- [15] Vargas, S. A. Z., López, J. A. P., & Hernández, H. F. R. (2014). Estrategia para el desarrollo de aprendizajes en ingeniería basado en robótica educativa y competitiva: caso Universitaria de Investigación y Desarrollo, udi. Ingeniería solidaria, 9(16), 153-159.
- [16] Jin, Yong-Gyu, Leah M. Chong, and Hye-Kyung Cho. "Designing a robotics-enhanced learning content for STEAM education." Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI), 2012 9th International Conference on. IEEE, 2012.
- [17] Jeon, Bienil, and Jae Wan Park. "Implementation of a Modular Robotic Construction Kit that Fully Supports Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics Education." Advanced Science Letters 22.11 (2016): 3413-3417.
- [18] Barnes, Jaclyn, et al. "Child-robot theater: STEAM Education in an afterschool program." Proceedings of the Companion of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. ACM, 2017.
- [19] Sooraksa, Pitikhate, et al. "Tree robot: An innovation for STEAM education." Real-time Computing and Robotics (RCAR), IEEE International Conference on. IEEE, 2016
- [20] Ngamkajornwiwat, Potiwat, et al. "Understanding the role of arts and humanities in social robotics design: An experiment for STEAM enrichment program in Thailand." Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE), 2017 IEEE 6th International Conference on. IEEE, 2017.
- [21] Vicente, Francisco Ruiz, D. Alberto Zapatera Llinares, and D. Nicolás Montes Sánchez. "Diseño de proyectos STEAM a partir del currículum actual de Educación Primaria utilizando Aprendizaje Basado en Problemas, Aprendizaje Cooperativo, Flipped Classroom y Robótica Educativa."
- [22] da Silva Filgueira, María Gabriela, and Carina Soledad González González. "PequeBot: Propuesta de un Sistema Ludificado de Robótica Educativa para la Educación Infantil." (2017).

Optimisation des propriétés physiques et mécaniques de matériaux à base de biomasse végétale pour l'éco-construction

[Optimization of physical and mechanical properties of plant biomass-based materials for eco-construction]

Lucien ZONGO and Athanas KONIN

Laboratoire de Génie Civil, UMRI de Génie Civil, Géosciences et Sciences Géographiques,
Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUËT-BOIGNY (INP-HB), BP 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study is part of general problem of developing innovative building materials with low environmental impact. For this purpose, tests were carried out for the formulation of cementitious composites based on rhun fibers (*borassus aethiopum* mart.) and rice husks. The results allowed to obtain the optimal proportion in biomass particles and water content which lead to the best physical and mechanical properties of the composites. Thus, in the case of cement and rice husks mixtures, mechanical strengths decrease with an increase of particle size. On the other hand, in the case of rhun fibers composite, mechanical resistance increase with fibers size. The results also show that physical and mechanical properties of rhun fibers composites are better than those based on rice husks.

KEYWORDS: rhun fibers, rice husks, cement, biomass, physical properties, mechanical properties.

RESUME: Ce travail s'intègre dans la problématique générale de développement de matériaux de construction innovants à faible impact environnemental. A cet effet, des essais de formulation de composites cimentaires à base de fibres de rônier (*borassus aethiopum* mart.) et de balles de riz ont été réalisées. Les résultats permettent d'identifier les proportions optimales en particules et en eau qui conduisent aux meilleures propriétés physiques et mécaniques des composites. Ainsi, dans le cas des mélanges ciment et balles de riz, les résistances mécaniques baissent avec l'augmentation de la taille des particules. Par contre dans le cas des composites à base de fibres de rônier, les résistances augmentent avec la taille des fibres. Les résultats montrent également que les performances physiques et mécaniques des composites à base de fibres de rônier sont meilleures que celles à base de balles de riz.

MOTS-CLEFS: fibres de rônier, balles de riz, ciment, composites cimentaires, biomasse, propriétés physiques, propriétés mécaniques.

1 INTRODUCTION

Dans le domaine de la construction, les attentes vis-à-vis des matériaux sont en constante évolution. Si par le passé, les matériaux étaient recherchés principalement pour leurs caractéristiques mécaniques, la tendance actuelle est l'usage de matériaux composites multifonctionnels. De nos jours, compte tenu des problèmes environnementaux, une attention particulière est accordée aux matériaux à faible impact environnemental. Les matériaux à base de fibres végétales sont l'objet de ce fait d'une grande attention. De nombreux travaux de recherche sont menés sur l'utilisation des fibres naturelles (fibres de coco, sisal, chanvre, copeaux de bois, fibres de diss, etc) dans les composites cimentaires ([1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], et [9]). Les résultats indiquent que l'utilisation de fibres végétales dans ces matériaux améliore les résistances mécaniques (à la flexion, à la compression, à la traction, etc) et conduit à une réduction significative du coût de ces matériaux comparativement à l'utilisation de composites à bases de fibres synthétiques. Par ailleurs, des travaux antérieurs ([10] et [11]) soulignent que l'amélioration des propriétés mécaniques de ces composites n'est possible que si des traitements de la biomasse végétale sont réalisées : lavage, pulvérisation d'adjuvant, incorporation de sable, etc.

En Afrique, le décorticage du riz génère plus de 30% de déchets constitués principalement de balles de riz. Ces balles de riz sont imputrescibles et ne peuvent être utilisés dans l'alimentation du bétail. Une voie de valorisation de ces déchets peut être dans les composites cimentaires. Le rônier (*borassus aethiopum* mart.) est une ressource végétale imputrescible, résistant aux termites et abondant en Afrique sub-saharienne [12]. Des études ont mis en évidence la possibilité de l'utiliser comme armature dans le béton [13]. Cependant peu de travaux sont consacrés à la valorisation technologique de ces deux biomasses végétales (balles de riz et fibres de rônier), notamment dans les composites cimentaires.

Ce travail vise à déterminer les propriétés physiques et mécaniques des composites à base de balles de riz et de fibres de rônier. La nature de la biomasse végétale et l'effet de la densité des composites obtenus sont également présentées.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATIÈRES PREMIÈRES

2.1.1 CIMENT

Le ciment utilisé est un ciment composé de type CEM II / B 32,5 produit par la cimenterie CIM Faso du Burkina Faso. Les propriétés physiques du ciment sont indiquées dans le tableau 1.

Tableau 1. *Propriétés physiques du ciment*

Désignation	Masse volumique (g/cm ³)	Surface spécifique Blaine (cm ² /g)
Ciment CEM II/B 32,5	3,01	3 155

2.1.2 BIOMASSES VÉGÉTALES

Les fibres de rônier et les balles de riz utilisées dans cette étude proviennent respectivement du broyage du tronc du rônier et de l'usine de décorticage du riz de Bagrépol au Burkina Faso. Les fibres et les particules obtenues sont séchées à l'étuve à 105°C jusqu'à l'obtention d'une masse constante. Ces biomasses sont par la suite sériées par tamisage en quatre classes granulaires et mélangées selon les compositions granulaires présentées dans le tableau 2. Les granulats obtenus (Fig. 1) ne subissent aucun traitement chimique et sont conservés dans une salle maintenue à une température de 20°C. Les caractéristiques physiques des biomasses sont indiquées dans le tableau 3.



a) Granulat de balles de riz



b) Granulat de fibres de rônier

Fig. 1. *Biomasses végétales utilisées dans cette étude*

Tableau 2. *Proportions utilisées dans les compositions granulaires*

Classes granulaires	Mélange fin (MF)	Mélange grossier (MG)
[2,50 ; 5,00[	16,67%	40%
[1,25 ; 2,50[	16,67%	30%
[0,63 ; 1,25[	33,33%	20%
[0,08 ; 0,63[	33,33%	10%

Tableau 3. Propriétés physiques des biomasses végétales

	Mélange granulaire fin (MF)		Mélange granulaire grossier (MG)	
	Balles de riz	Fibres de rônier	Balles de riz	Fibres de rônier
Module de finesse	2,17		3,00	
Masse volumique (g/cm ³)	0,749	0,687	0,771	0,648

2.2 METHODE D'ELABORATION DES COMPOSITES

2.2.1 FORMULATION DES COMPOSITES

Quatre types de mortier à base de biomasse végétale, notés B₁, B₂, F₁ et F₂, ont été étudiées. Les mortiers B₁ et B₂ correspondent aux composites à base de ciment, balles de riz et eau. F₁ et F₂ font référence aux mortiers composés de ciment, fibres de rônier et eau. L'indice 1 correspond au mélange granulaire fin, et l'indice 2 au mélange granulaire grossier. La formulation des mortiers résulte des modifications apportées à la composition de mortiers à base de biomasse végétale proposée par Asasutjarit et al. [4] sur la base de l'optimisation des propriétés physiques et mécaniques des composites. La quantité d'eau des mélanges étudiés est adaptée afin d'obtenir la même ouvrabilité pour tous les mortiers. Pour chaque biomasse, deux mortiers ont été confectionnés en faisant varier la quantité de ciment. Les compositions des mortiers étudiés sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 4. Ratio en poids des constituants dans les composites

Désignation	Dosage en ciment 1 (D ₁)			Dosage en ciment 2 (D ₂)		
	Constituants	Ratio dans le mélange	Notation	Constituants	Ratio dans le mélange	Notation
B ₁	Ciment	2	B ₁ -D ₁	Ciment	4	B ₁ -D ₂
	Balles de riz	1		Balles de riz	1	
	Eau	0,8		Eau	1,33	
B ₂	Ciment	2	B ₂ -D ₁	Ciment	4	B ₂ -D ₂
	Balles de riz	1		Balles de riz	1	
	Eau	0,8		Eau	1,33	
F ₁	Ciment	2	F ₁ -D ₁	Ciment	4	F ₁ -D ₂
	Fibres de rônier	1		Fibres de rônier	1	
	Eau	1		Eau	1,6	
F ₂	Ciment	2	F ₂ -D ₁	Ciment	4	F ₂ -D ₂
	Fibres de rônier	1		Fibres de rônier	1	
	Eau	1		Eau	1,6	

2.2.2 FABRICATION DES COMPOSITES

Pour chaque composition, trois éprouvettes prismatiques 40 mm x 40 x 160 mm ont été confectionnées pour la mesure des caractéristiques physiques et mécaniques. Les mortiers ont été fabriqués selon la procédure décrite ci-après :

Le ciment a d'abord été mélangé au granulat végétal et l'eau a par la suite été ajoutée. Le malaxage a été effectué jusqu'à l'obtention d'un produit relativement uniforme. Le dosage en eau a été ajustée afin d'obtenir sur le mortier frais, une valeur d'affaissement égale à 10 cm. Le mélange a été placé dans les moules et tassé à l'aide d'une tige. Les échantillons ont été démoulés après 24 heures et placés à l'air ambiant pendant 28 jours. Pour chaque caractéristique, trois éprouvettes ont été utilisées pour les essais.

2.3 PROTOCOL EXPÉRIMENTAL

2.3.1 ESSAIS PHYSIQUES

2.3.1.1 ESSAI D'ABSORPTION D'EAU

L'absorption d'eau est déterminée conformément à la procédure RILEM [14]. Les éprouvettes sont immergées dans réservoir contenant de l'eau jusqu'à saturation complète (c'est-à-dire jusqu'à ce que leur masse humide (M_h) soit constante). Les échantillons sont par la suite séchés dans une étuve à 105°C jusqu'à atteindre une masse sèche constante (M_s). Le taux d'absorption d'eau est obtenu par la relation :

$$w(\%) = 100 \cdot \frac{(M_h - M_s)}{M_s}$$

2.3.1.2 ESSAI DE MESURE DE LA MASSE VOLUMIQUE

Cette propriété est mesurée suivant la norme NF EN 772-13 [15]. Les dimensions (longueur, largeur, hauteur) des échantillons séchés (M_s) sont mesurées en quatre points conformément à la norme. Ce qui permet de calculer le volume (V) des échantillons. La masse volumique sèche est donnée par la formule :

$$\rho(g/cm^3) = \frac{M_s}{V}$$

2.3.2 ESSAIS MÉCANIQUES

Les caractéristiques mécaniques ont été déterminées conformément aux normes NF EN 12390-3 [16] pour la résistance à la compression et NF EN 12390-5 [17] pour la résistance à la traction par flexion trois points.

2.3.2.1 ESSAI DE RÉSISTANCE À LA TRACTION PAR FLEXION

L'essai de mesure de la résistance à la traction par flexion trois points est réalisé sur les éprouvettes 40 mm x 40 x 160 mm. Le chargement est appliqué à une vitesse constante de 10 mm/min sur la surface de l'éprouvette et la charge maximale (P) provoquant la rupture est mesurée. La résistance à la traction par flexion est donnée par :

$$R_t(MPa) = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot t^2}$$

Où : P , charge maximale (N) ; L , la longueur (mm) de l'éprouvette ; b , la largeur de l'éprouvette ; t , l'épaisseur (mm) de l'éprouvette

2.3.2.2 ESSAI DE RÉSISTANCE À LA COMPRESSION

Cette résistance est déterminée en utilisant la presse de compression de PERRIER d'une capacité de 300 kN. Les essais sont réalisés sur la moitié des échantillons ayant servi à la mesure de la résistance à la traction par flexion trois points.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

3.1.1 MASSE VOLUMIQUE SÈCHE

Les résultats des mesures de la masse volumique des composites sont indiqués dans le tableau 5. Ces résultats montrent que la masse volumique des composites augmente avec le dosage en ciment quelque soit la nature de la biomasse. L'accroissement varie de 24% à 32% pour les mélanges à base de granulats et de 12% à 19% pour les mélanges à base de granulats grossiers. De plus, la masse volumique des composites à base de granulats grossiers est plus élevée que celle des composites à base de granulats fin pour le dosage en ciment 1 (faible quantité de ciment). Par contre, pour un dosage en ciment plus important (dosage en ciment 2), les valeurs de masse volumique sont dans le même ordre de grandeur. Ces résultats semblent indiquer l'existence d'une valeur limite de masse volumique pour les composites à base de biomasses végétales. La nature de la biomasse n'a d'ailleurs pas une grande incidence sur les valeurs de masse volumique. Les écarts sont

de moins de 10% pour les différents composites et les différents dosages en ciment. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Ghavami [18] et indiquent que l'usage des fibres végétales permet de réaliser des composites qui peuvent être classés dans les bétons légers compte tenu de leur densité sèche. Le paramètre le plus important au vu des résultats obtenus est le dosage en ciment indépendamment de la nature et de la granulométrie de la biomasse.

Tableau 5. Exemple d'un tableau

		Masse volumique (g/cm ³)	
		Dosage en ciment 1 (D ₁)	Dosage en ciment 2 (D ₂)
Balles de riz	Mélange fin (B ₁)	1,08	1,58
	Mélange grossier (B ₂)	1,27	1,45
Fibres de rônier	Mélange fin (F ₁)	1,08	1,42
	Mélange grossier (F ₂)	1,19	1,47

3.1.2 TAUX D'ABSORPTION D'EAU

La figure 2 présente le taux d'absorption d'eau en fonction de la masse volumique des différents composites étudiés. Les graphes montrent à l'évidence que l'absorption d'eau est inversement proportionnelle à l'augmentation de la masse volumique des composites. Cela laisse penser qu'une augmentation de la masse volumique des échantillons conduit à une baisse de la capacité d'absorption d'eau et donc de la porosité des composites. De plus, la figure 2 montre que les composites à base de fibres de rônier ont des taux d'absorption d'eau plus faibles que ceux à base de balles de riz. Il semble donc que les fibres de rônier permettent d'obtenir des matériaux moins poreux que ceux à base de balles de riz.

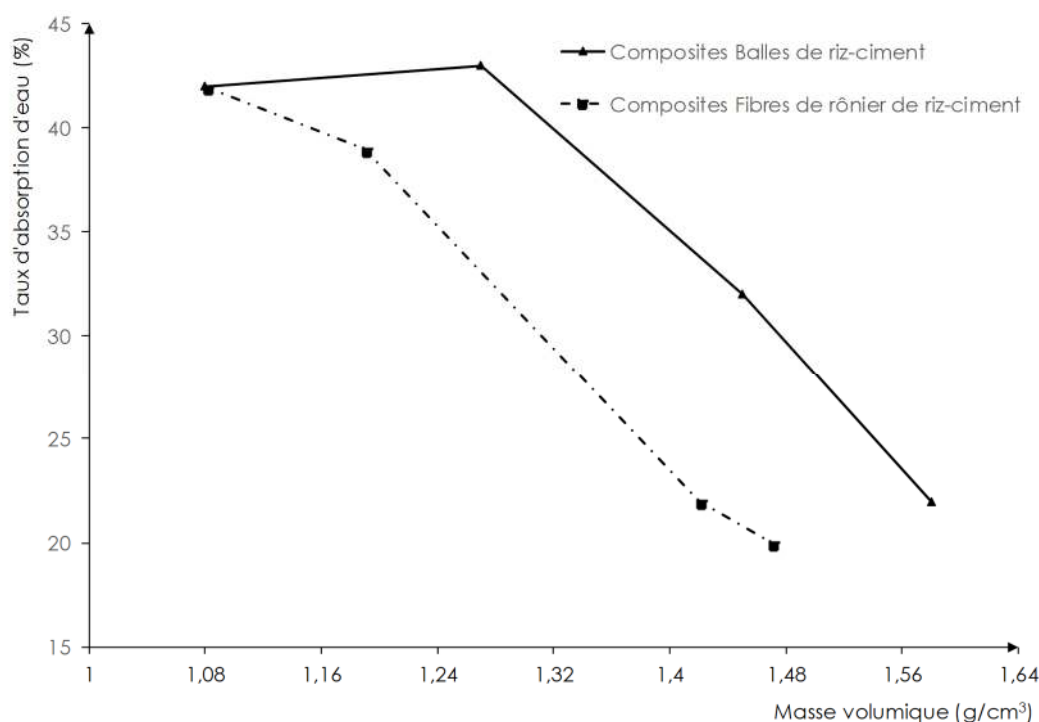


Fig. 2. Taux d'absorption d'eau en fonction de la masse volumique des composites étudiés

3.2 PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES

Les figures 3 et 4 présentent les résultats des essais mécaniques en fonction de la masse volumique des échantillons. Ces figures montrent que les échantillons à base de fibres de rônier développent de meilleures résistances mécaniques (à la compression comme à la traction par flexion) que ceux à base de balles de riz. L'augmentation de résistance est de plus de 15% en compression et de l'ordre de 20% en traction par flexion. Cependant, ces écarts tendent à se résorber (moins de 5%) avec l'augmentation de la masse volumique des échantillons (due à une augmentation de la quantité de ciment). Ce qui semble indiquer que la masse volumique des échantillons joue un important rôle sur leurs propriétés mécaniques par rapport au type

de biomasse végétale. Ainsi, Les écarts de résistance sont plus faibles entre ces deux matériaux lorsque les masses volumiques de ces matériaux sont sensiblement du même ordre de grandeur. Ces résultats sont en accord avec les travaux de Mounanga et al. [19] qui montrent l'existence de corrélations entre la résistance à la compression et la densité sèche de béton à base de chanvre. Ce résultat peut donc s'appliquer à toutes les biomasses végétales.



Fig. 3. Résistances à la compression en fonction de la masse volumique des composites étudiés

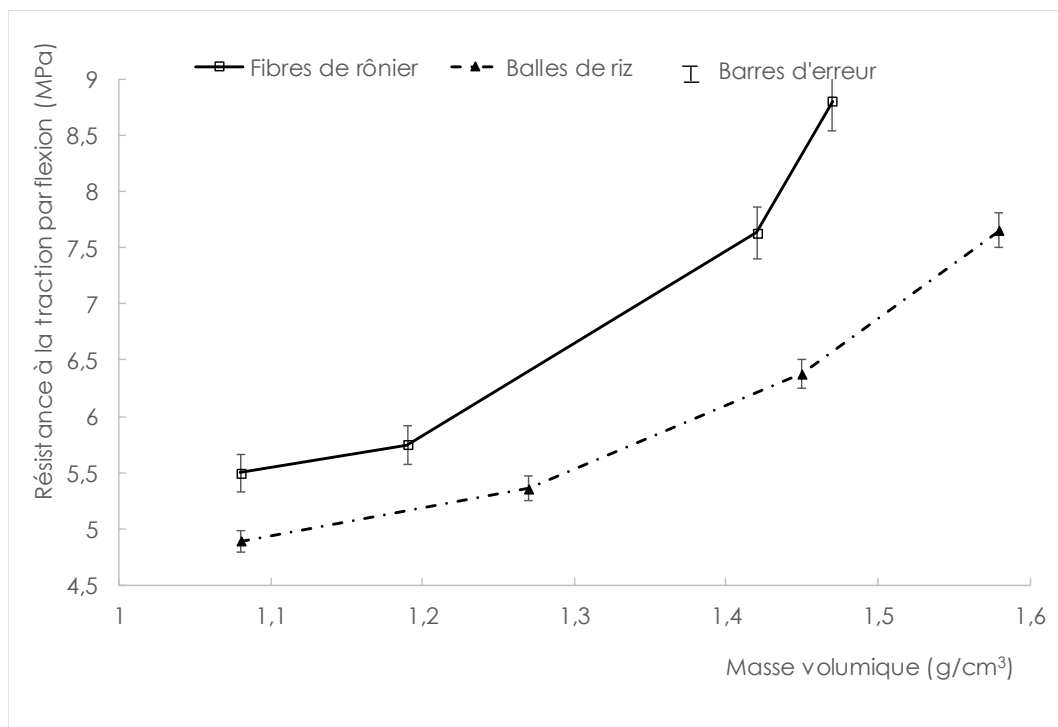


Fig. 4. Résistances à la traction par flexion en fonction de la masse volumique des composites étudiés

4 CONCLUSION

Dans ce travail, l'étude des propriétés physiques et mécaniques de composites à base de balles de riz et de fibres de rônier a été réalisée. Les principales conclusions sont :

- La taille des granulats de biomasse végétale n'a pas un rôle prépondérant sur les propriétés physiques et mécaniques des composites étudiés ;
- La masse volumique des composites a une grande incidence sur les propriétés mécaniques des composites indépendamment de la biomasse ;
- Les composites à base de fibres de rônier développent des propriétés physiques et mécaniques meilleures que ceux à base de balles de riz indépendamment de la taille des granulats de biomasse et du dosage en ciment ;
- Les composites étudiés s'intègrent bien dans la classe des bétons légers.

Cet article confirme la possibilité d'utiliser des fibres de rônier et des balles de riz comme granulat dans la fabrication de composites à base de biomasse. Les résultats obtenus permettent d'envisager une revalorisation de ces déchets dans les matériaux cimentaires en vue de confectionner des bétons de granulats légers (à base de biomasse).

REFERENCES

- [1] A. Ledhem, R. M. Dheilly, M. L. Benmalek and M. Quéneudec, "Properties of wood based composites formulated with aggregate industry waste," *Construction and Building Materials*, vol. 14, pp. 341–350, 2000.
- [2] R. D. Toledo Filho, K. Scrivener, G. L. England and K. Ghavami, "Durability of alkali-sensitive sisal and coconut fibers in cement based composites," *Cement Concrete Composites*, vol. 6, pp. 127–143, 2000.
- [3] G. Ramakrishna, T. Sundararajan and S. Kothandaraman, "Evaluation of durability of natural fibers reinforced cement mortar composite- A new approach," *ARPN Journal of Engineering and Applied Science*, vol. 5, pp. 44–51, 2010.
- [4] C. Asasutjarit, J. Hirunlabh, J. Khedari, S. Charoenwai, B. Zeghamati and U. C. Shin, "Development of coconut coir-based lightweight cement board," *Construction and Building Materials*, vol. 21, pp. 277–288, 2007.
- [5] K. Bilba, M. A. Arsene and A. Ouensanga, "Sugar cane bagasse fiber reinforced cement composite. Part I. Influence of the botanical component of bagasse on the setting of bagasse/cement composite," *Cement Concrete Composites*, vol. 25, pp. 91–96, 2003.
- [6] V. Cerezo, "Mechanical, thermal and acoustic-based material of vegetable particles: Experimental approach and theoretical modeling," *Ph. D. Thesis*, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, France, 2005.
- [7] S. Elfordy, F. Lucas, F. Tancrét, Y. Scudeller and L. Goudet, "Mechanical and Thermal properties of lime and hemp concrete (hempcrete) manufactured by projection process," *Construction and Building Materials*, vol. 22, pp. 2116–2123, 2008.
- [8] J. L. Pehanich, P. R. Blankenhorn and M. R. Silsbee, "Wood fiber surface treatment level effects on selected mechanical properties of wood fiber-cement composite," *Cement and Concrete Research*, vol. 34, pp. 59–65, 2004.
- [9] J. Khedari, N. Nankongnab, J. Hirunlabh and S. Teekasap, "New low-cost insulation particleboards from mixture of durian peel and coconut coir," *Building and Environment*, vol. 39, pp. 59–65, 2004.
- [10] J. H. Savastano, P. G. Warden and R. S. P. Coutts, "Brazilian waste fibers as reinforcement for cement-based composite," *Cement Concrete Composites*, vol. 22, pp. 379–384, 2000.
- [11] M. Merzoud and M. F. Habita, "Development of cement-based composite diss," *Afrique Science*, vol. 4, pp. 231–245, 2008.
- [12] V. Gbaguidi and G. Gbaguidi, "Détermination expérimentale des principales caractéristiques physiques et mécaniques du bois du rônier (*Borassus aethiopum* mart) d'origine béninoise," *Journal of Research and Science, Série E*, vol. 12, n°2, pp. 1–9, 2010.
- [13] A. Kriker, G. Debicki, A. A. Bali and M. M. Khenfer, "Mechanical properties of date palm fibers and concrete reinforced with date palm fibers in hot-dry climate," *Cement Concrete Composites*, vol. 27, pp. 54–64, 2005.
- [14] RILEM T. C, *RILEM Recommendations for the testing and use of construction materials. CPC 11.1. Absorption of water by concrete by immersion*, Ed. E & FN SPON, 1994.
- [15] NF EN 772-13, Ed. AFNOR, 2000.
- [16] NF EN 12390-3, *Testing hardened concrete – Part 3: Compressive strength of test specimens*, Ed. AFNOR, 2003.
- [17] NF EN 12390-5, *Testing hardened concrete – Part 5: Flexural strength of test specimens*, Ed. AFNOR, 2003.
- [18] K. Ghavami, "Composites with bamboo and vegetable fibers. A contribution to a sustainable development," *Proceedings of the 3rd International Conference on Non-Conventional Materials Technology, NOCMAT/3*, Ed. Construction Publishing House, Vietnam, 2002.
- [19] P. Mounanga, P. Poullain, G. Bastian and P. Glouanec, "Effects of formulation and manufacturing process on the mechanical behavior of different hemp concretes," *Proceedings of the 19th French Congress of mechanics*, Marseille, France, 2009.

Les déterminants de l'intention d'utilisation de l'e-gouvernement par les citoyens marocains

[Factors influencing intention to use e-government services by Moroccan citizens]

Imad El Khalkhali and Asmae El Byere

National School of Business and Management, Abdelmalek Essaâdi University, Tangier, Morocco

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The emergence of e-government around the world has profoundly transformed the relationship between citizens, enterprises and governments. Thus, the Moroccan authorities have decided to launch in recent years several projects and strategies to modernize public administrations and local communities to serve citizens and organizations. Since there are few empirical studies on e-government in Morocco, and in order to identify the different interactions between citizens and public administrations, our research aims to identify the factors influencing intention to use e-government services by Moroccan citizens.

KEYWORDS: e-government, public e-services, intention to use, UTAUT Model, adoption.

RESUME: L'émergence de l'e-gouvernement à travers le monde a profondément transformé les relations entre les citoyens, les entreprises et les administrations publiques. Conscient de l'enjeu de l'e-gouvernement, le Maroc a lancé plusieurs programmes et stratégies visant à moderniser l'administration et les collectivités locales au service des citoyens et des entreprises. Étant donné qu'il existe peu d'études empiriques sur l'e-gouvernement au Maroc, et afin de comprendre où se situe le pays en termes d'interactions entre les citoyens et les administrations publiques, cette recherche a pour objectif d'identifier les facteurs susceptibles d'influencer les intentions d'utilisation des services du gouvernement électronique au Maroc.

MOTS-CLEFS: Gouvernement électronique, Administration en ligne, Intention d'utilisation, Modèle UTAUT, adoption.

1 INTRODUCTION

Brown et Brudney (Brown et Brudney, 2001) définissent le gouvernement électronique (e-gouvernement) comme l'utilisation de la technologie, en particulier les applications Web, pour améliorer l'accès et fournir efficacement l'information et les services gouvernementaux. Ils classent les efforts du gouvernement en trois grandes catégories : gouvernement à gouvernement (G2G), gouvernement à citoyen (G2C), et gouvernement à entreprise (G2B) (Suki, M. N. et Ramayah T., 2010).

Dans ce contexte, le gouvernement marocain a préparé et lancé des plans et des stratégies pour la mise en œuvre du gouvernement électronique, son objectif principal était de fournir des services intégrés, transparents et efficaces qui répondent aux attentes et aux besoins des utilisateurs. Cependant, ces programmes n'ont pas pu respecter les principaux objectifs stratégiques, en particulier l'objectif de « e-services axés sur les utilisateurs » (Lamharhar, Chiadmi et Benhlila, 2013), d'où la nécessité de proposition d'un modèle efficace pour réformer le secteur.

Étant donné qu'il existe peu d'études empiriques au Maroc qui développent cette problématique, et afin de comprendre où se situe le pays en termes d'interactions de citoyens avec l'administration en ligne, cette recherche a pour objectif de fournir des données utiles sur les motivations qui sous-tendent les intentions d'utiliser les services du gouvernement électronique au Maroc, et de répondre aux questions de recherche suivantes :

- Quels sont les principaux facteurs qui affectent l'utilisation des services de l'e-gouvernement par les citoyens marocains?
- Dans quelle mesure le modèle UTAUT modifié est-il un outil efficace pour évaluer l'utilisation des services en ligne par les citoyens marocains ?

2 CADRE THÉORIQUE

La recherche sur l'acceptation et l'adoption des technologies de l'information a mis au point plusieurs modèles concurrents, chacun avec un ensemble différent de déterminants, ainsi plusieurs chercheurs ont adopté, modifié et validé de nombreux modèles théoriques pour comprendre et prédire l'acceptation et l'utilisation des technologies (Venkatesh et al., 2003).

Venkatesh et al. (Venkatesh et al., 2003) soutiennent que les chercheurs sont capables de choisir un modèle approprié, et d'ignorer les contributions des modèles alternatifs. Ainsi, les auteurs ont proposé à partir d'une étude comparative de huit modèles d'acceptation de la technologie, un nouveau modèle unifié appelé Théorie unifiée d'acceptation et d'utilisation de la technologie « Unified Theory of Acceptance and Use of Technology » (UTAUT) (Figure1). Les huit modèles étudiés, étaient la théorie de l'Action raisonnée (TRA), le modèle d'acceptation de la technologie (TAM), le modèle de motivation (MM), la théorie du comportement planifié (TPB), le modèle combinant le modèle d'acceptation de la technologie et de la théorie du comportement planifié, le modèle de l'utilisation de l'ordinateur (MPCU), la théorie de la diffusion de l'innovation (IDT), et la théorie cognitive sociale (SCT) (Hadji, B., 2016).

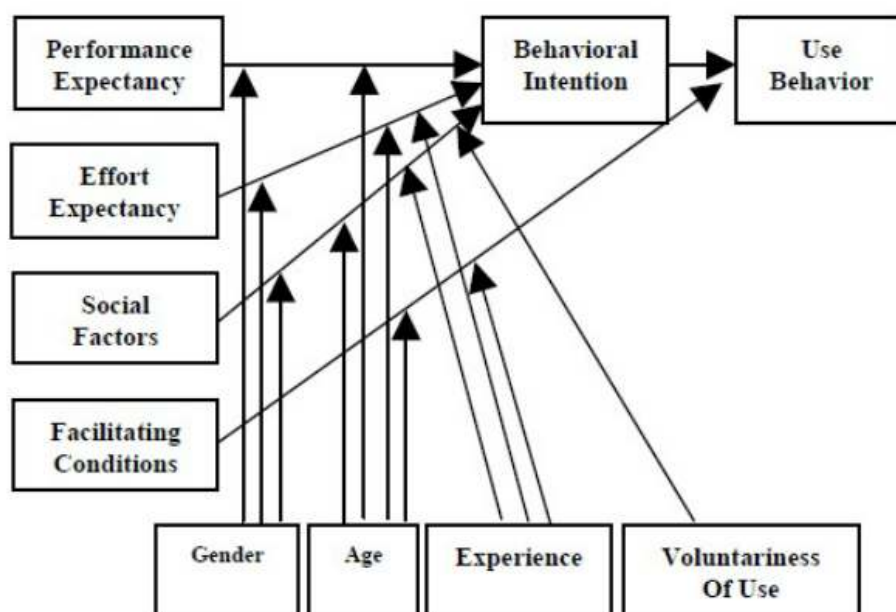


Fig. 1. Théorie unifiée d'acceptation et d'utilisation de la technologie (UTAUT)

(Venkatesh et al, 2003)

Malgré la large acceptation du modèle UTAUT, Venkatesh, Thong et Xu (2012) ont intégré trois nouveaux prédicteurs : la motivation hédonique, le prix et l'habitude, passant de UTAUT à UTAUT 2, les extensions proposées ont produit une amélioration substantielle de la variance expliquée pour l'intention d'utilisation de 56% à 74%, et de 40% à 52% pour l'utilisation de la technologie (Chang, A., 2012).

3 MODÈLE ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

La théorie UTAUT semble utile et être un modèle complet puisqu'elle couvre les huit autres principaux modèles d'adoption. De plus, son pouvoir explicatif est plus élevé que d'autres théories d'acceptation de la technologie (Venkatesh et Zhang, 2010). Les publications récentes sur le gouvernement électronique tentent également d'adopter ce modèle, car il met en évidence la plupart des variables qui pourraient expliquer les facteurs d'adoption du gouvernement électronique.

Ainsi le modèle de recherche utilisé dans cette étude était basé sur le modèle UTAUT, en développant une version modifiée, le modèle original contient quatre variables indépendantes, deux variables dépendantes, et quatre variables modératrices. Dans cette étude, l'intention de comportement a été utilisée pour indiquer l'influence réelle sur l'utilisation des services gouvernementaux, puisqu'il est mentionné dans de nombreuses études qu'elle aura une influence positive et directe sur le comportement d'utilisation (Venkatesh et al., 2003) (Alshehri, Drew et AlGhamdi, 2012).

Deux nouveaux prédicteurs, la confiance et la résistance au changement, ont été ajoutés, deux variables modératrices (Expérience et volontariat) ont été exclues et une autre ajoutée (niveau d'étude), au total, nous avons six variables indépendantes et une dépendante, avec trois éléments modérateurs :

- Les conditions facilitantes : sont définies comme «la mesure dans laquelle une personne croit qu'une infrastructure organisationnelle et technique existe pour soutenir son utilisation d'un système» (Venkatesh et al., 2003). La recherche dans le domaine de l'adoption des technologies de l'information, a montré que ce facteur a une influence positive sur l'adoption du gouvernement électronique (Jong et Wang, 2009) (Lakhal et al., 2013) (Thompson et al., 1991) et (Venkatesh et al., 2012). Dans le cadre de cette étude, les conditions facilitantes ont été mesurées selon la perception d'être en mesure d'accéder aux ressources requises, ainsi que d'obtenir les connaissances et le soutien nécessaires pour utiliser les services en ligne. Par conséquent, l'hypothèse suivante peut être émise:

H1 : les conditions facilitantes ont un impact positif sur l'intention d'utilisation de l'e-gouvernement.

- L'utilité perçue : est définie comme «Le degré avec lequel un individu croit que l'usage attendu d'un système peut l'aider à atteindre un bénéfice dans sa performance au travail.» (Venkatesh et al., 2003). Dans cette étude, l'utilité perçue est mesurée selon les perceptions de l'utilisation des services du gouvernement électronique en termes d'avantages, tels que le gain du temps, d'argent et d'effort, la communication avec l'administration, l'amélioration de la qualité des services gouvernementaux. Selon des études précédentes sur l'acceptation des technologies, cette variable était un prédicteur important de l'intention d'utilisation (Venkatesh et al., 2003) (Alshehri, 2012) (Al Mansoori, 2017), ainsi nous pouvons émettre l'hypothèse suivante:

H2 : L'utilité perçue a un impact positif sur l'intention d'utilisation de l'e-gouvernement.

- L'effort perçu : est défini comme «le degré de facilité associé à l'usage d'un système» (Venkatesh et al., 2003). Ce facteur est lié à l'estimation d'un individu de l'effort qu'il devra mettre pour apprendre et utiliser une technologie. Plusieurs études ont montré que l'effort perçu joue un rôle clé dans la facilitation de l'acceptation de la technologie, et qui a une influence significative sur l'intention d'utilisation (Venkatesh et al., 2003) (Alsaif, 2013) (Alanazi, 2013) (Hariri, 2014). Dans cette recherche, cette variable est mesurée selon les perceptions de la facilité d'utilisation des services administratifs en ligne, ainsi par la facilité d'apprentissage de l'utilisation de ces services. Par conséquent, nous pouvons émettre l'hypothèse suivante:

H3 : L'effort perçu a un impact positif sur l'intention d'utilisation de l'e-gouvernement.

- L'influence sociale est définie comme «Le degré avec lequel un individu perçoit que les personnes importantes pour lui, pensent qu'il devrait utiliser un système.» (Venkatesh et al., 2003). Les découvertes de nombreux chercheurs comme (Chatzoglou, Chatzoudes et Symeonidis, 2015), et (Sultan, Risman et Ramdhan, 2016) suggèrent que les influences sociales sont un déterminant important du comportement d'utilisation. Dans la présente recherche, l'influence sociale est définie comme l'importance de la famille, des collègues, et les compagnes de sensibilisation dans l'intention d'utilisation des services de l'e-gouvernement ce qui nous ramène à émettre l'hypothèse suivante.

H4 : L'influence sociale a un impact positif sur l'intention d'utilisation de l'e-gouvernement.

- La confiance est une variable qui a été incorporée dans notre modèle de recherche, plusieurs études confirment l'importance du facteur de confiance, car il permet de comprendre le comportement des citoyens par rapport à leurs acceptation et utilisation des services électroniques (Gefen et al., 2003) (Ayyash, Ahmad et Singh, 2011) (ElKheshin, 2016) (Al Mansoori, 2017). La revue de littérature liée à la confiance en ligne s'est concentrée sur deux niveaux, premièrement, la confiance dans l'entité qui fournit le service, dans notre contexte, les administrations publiques marocaines, deuxièmement, la confiance dans les médias par lesquels le service est fourni, dans notre cas, l'Internet (Tan et Theon, 2001) (ElKheshin, 2016) (Al Mansoori, 2017). Nous pouvons ainsi, émettre l'hypothèse suivante :

H5 : La confiance a un impact positif sur l'intention d'utilisation de l'e-gouvernement.

- La résistance au changement : Comme le gouvernement électronique exige un changement fondamental, il faut qu'il s'attende à la résistance de la part de certains citoyens. Wargin et Dobiey (Wargin et Dobiey, 2001) abordent plusieurs raisons de la résistance au changement, telles que: le manque de compétences nécessaires pour utiliser la nouvelle technologie, le manque de compréhension de son utilité, les changements dans les structures organisationnelles et la redistribution du pouvoir, ainsi les gens sont vus pour résister à tout ce qui peut interrompre leur routine (Luke, 1982).

Dans le cadre de cette étude, cette variable a été mesurée selon la préférence du contact direct avec l'administration, l'inquiétude d'utilisation des services en ligne, ainsi le partage de l'insatisfaction. Dans ce sens, l'hypothèse suivante peut être émise :

H6: La résistance au changement a un impact négatif sur l'intention d'utilisation de l'e-gouvernement.

- L'intention d'utilisation : est le déterminant qui a été utilisé dans cette recherche en tant que seule variable dépendante. Elle est définie comme «la probabilité subjective d'une personne d'exécuter le comportement en question» (Nisson et Earl, 2015). Dans le contexte des services administratifs en ligne, l'intention de comportement est l'intention des citoyens d'utiliser les services de gouvernement électronique à l'avenir. La majorité des recherches sur l'adoption de la technologie ont utilisé l'intention de comportement pour prédire l'adoption de la technologie, et ils ont confirmé qu'elle a une influence directe sur cette variable, et les deux variables pourraient être utilisées pour mesurer l'acceptation de la technologie (Ajzen, 1991)(Alshehri, Drew et Alghamdi, 2012). Dans la présente étude, l'intention de comportement a été utilisée pour mesurer l'utilisation réelle des services du gouvernement électronique au Maroc.

Les caractéristiques démographiques des citoyens telles que le genre, l'âge, et le niveau d'étude, jouent un rôle essentiel dans l'explication de l'accès des citoyens et de leur adoption des services d'administration en ligne. En conséquence, ces modérateurs seront utilisés dans notre recherche pour mesurer la relation entre les conditions facilitantes et l'intention d'utilisation des services du gouvernement électronique.

- Genre : En 2012, Venkatesh, Thong et Xu (Venkatesh, Thong et Xu, 2012) ont déduit que la différence du sexe modère l'impact des conditions facilitantes sur l'intention d'utilisation, les résultats ont confirmé que les hommes ont moins tendance à s'appuyer sur des conditions facilitantes lorsqu'ils utilisent une nouvelle technologie, tandis que les femmes aiment recevoir un soutien externe. Cette affirmation a été soutenue par d'autres chercheurs tels que (Sun et Zhang, 2006). Ce qui nous amène à émettre l'hypothèse suivante :

H1a : Le genre modère la relation entre les conditions facilitantes et l'intention d'utilisation de l'e-gouvernement.

- Age : Venkatesh et al., (Venkatesh et al., 2003) ont trouvé des preuves qui expliquent l'effet significatif, direct et modérateur de l'âge sur les comportements d'adoption et d'usage. Les personnes âgées éprouvent des difficultés à faire face à des systèmes complexes et demandent généralement de l'aide et du soutien avant de décider d'utiliser un système quelconque (Morris et al, 2005) (Posner, 1996)(Hall et Mansfield, 1975) . Ainsi, nous pouvons émettre l'hypothèse suivante :

H1b : l'âge modère négativement la relation entre les conditions facilitantes et l'intention d'utilisation de l'e-gouvernement.

- Niveau d'étude : La recherche a montré que la relation entre les conditions facilitantes et l'intention d'utilisation est modérée par le niveau de scolarité (Mahmood et al., 2001)(Venkatesh et al., 2000) . Un faible niveau d'éducation impliquera plus de soutien et d'aide aux personnes qui utilisent les nouvelles technologies (Al Mansoori, 2017). L'hypothèse suivante, peut ainsi être émise.

H1c : Le niveau d'étude modère positivement la relation entre les conditions facilitantes et l'intention d'utilisation de l'e-gouvernement.

Partant des hypothèses formulées ci-dessus, nous proposons dans la figure suivante le modèle de cette recherche.

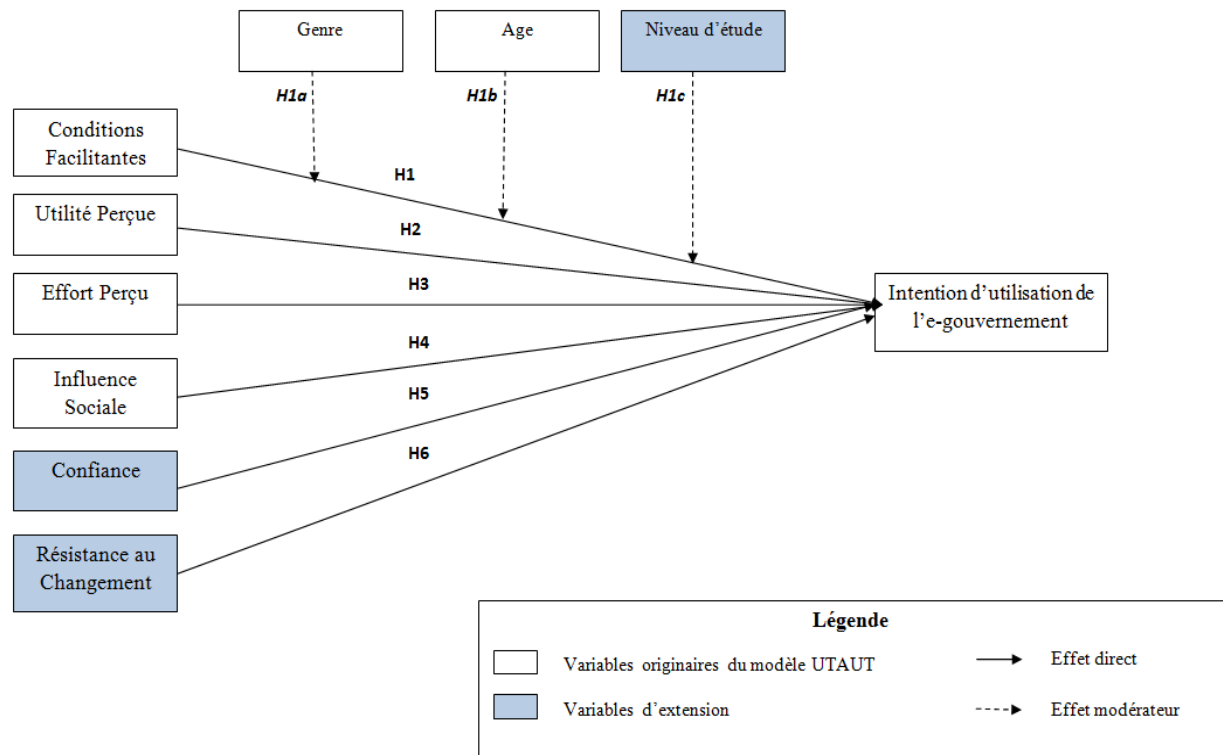


Fig. 2. Modèle de recherche proposé

4 CADRE METHODOLOGIQUE ET PHASE EMPIRIQUE DE LA RECHERCHER

4.1 QUESTIONNAIRE ET ÉCHANTILLON DE RECHERCHE

D'un point de vue méthodologique, nous avons opté pour une démarche hypothético- déductive, fondée sur une enquête quantitative. L'objectif étant de répondre à nos questions de recherche, et de tester les hypothèses formulées.

Ainsi, nous avons créé un questionnaire composé de 35 questions et qui a été divisé en différentes sections pour faciliter la lecture. Le questionnaire a été administré en ligne sur la plateforme Google Forms.

Pour l'ensemble de nos questions, nous avons retenu deux types d'échelles. Nous avons des questions fermées à choix uniques et les questions à échelle d'attitude (Items). Pour ces dernières questions (Annexe 1), nous avons choisi l'échelle de LIKERT à 5 points avec comme réponses possibles « 1 : Pas du tout d'accord », « 2 : Plutôt pas d'accord », « 3 : moyennement d'accord », « 4 : Plutôt d'accord » et « 5 : Tout à fait d'accord ».

En ce qui concerne la méthode d'échantillonnage, nous avons opté pour l'échantillonnage par convenance. Rappelons que la méthode d'échantillonnage par convenance permet de construire un échantillon en fonction des opportunités qui se présentent.

Au final, un total de 192 questionnaires ont été remplis.

4.2 RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

4.2.1 RÉSULTATS STATISTIQUES PRÉLIMINAIRES

Nous présentons ci-dessous un aperçu général du profil personnel des personnes qui ont répondu à notre questionnaire. Nous rappelons que tous les résultats statistiques de notre enquête quantitative ont été obtenus à l'aide du logiciel SPSS 22.

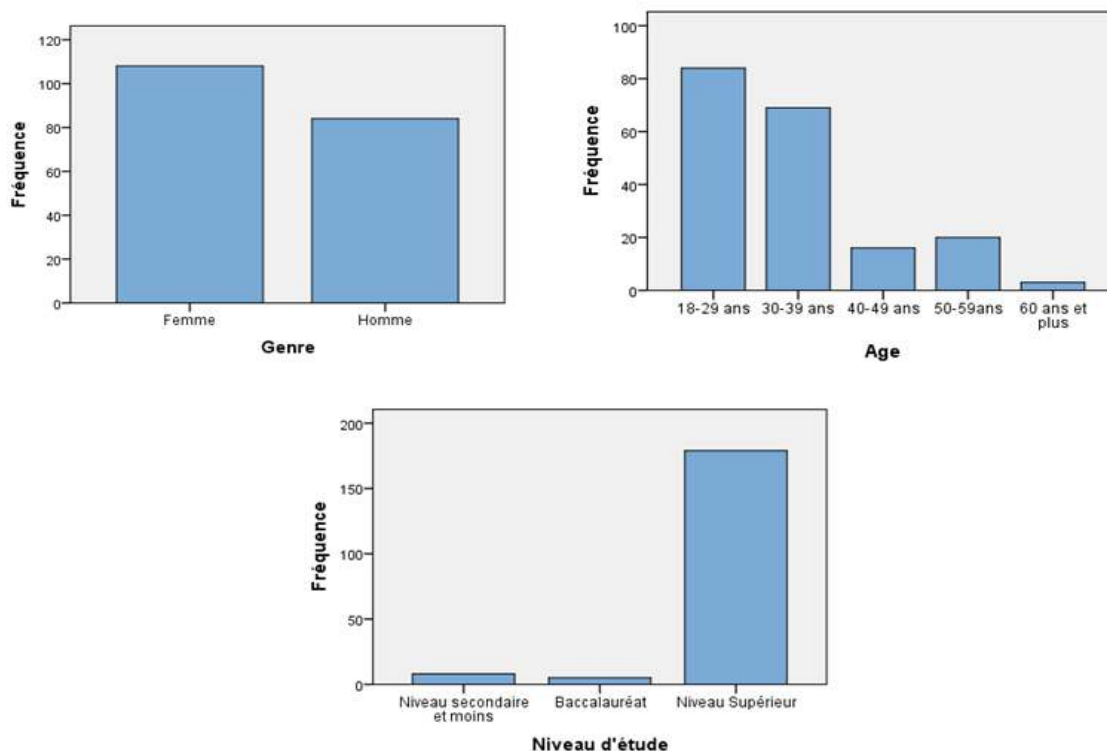


Fig. 3. Quelques caractéristiques du profil personnel des répondants

4.2.2 EVALUATION DE MODÈLE DE RECHERCHE

Pour l'évaluation de notre modèle de recherche, nous avons opté pour la méthode d'analyse des équations structurelles à l'aide du logiciel SmartPLS. Parmi les principaux bénéfices de cette méthode, se trouve la possibilité de pouvoir estimer simultanément le modèle structurel qui est le lien entre les variables, et le modèle de mesure qui est le liens entre la variable et les mesures qui la décrivent (Fornell et Bookstein, 1982, Fornell et Larcker, 1981, Hayduck, 1987, Loehlin, 1992; cités dans Fillion et al 2002) .

a) Evaluation de modèle de mesure

Le modèle de mesure est évalué sur la base des critères suivants : la fiabilité de cohérence interne, la validité convergente des mesures, et la validité discriminante.

- **La fiabilité de cohérence interne**

La fiabilité de cohérence interne est vérifiée par deux mesures : l'Alpha de Cronbach et la fiabilité composite (Hair et al., 2017). Selon la majorité des chercheurs, quand l'indicateur est supérieur ou égal à 0.7, il y'a un bon niveau de fiabilité.

D'après nos résultats (Figure 4), l'indice d'Alpha de Cronbach pour l'ensemble des items est supérieur à 0.7 à l'exception de l'item RC5 de la variable « résistance au changement ». Nous avons donc décidé de le supprimer.

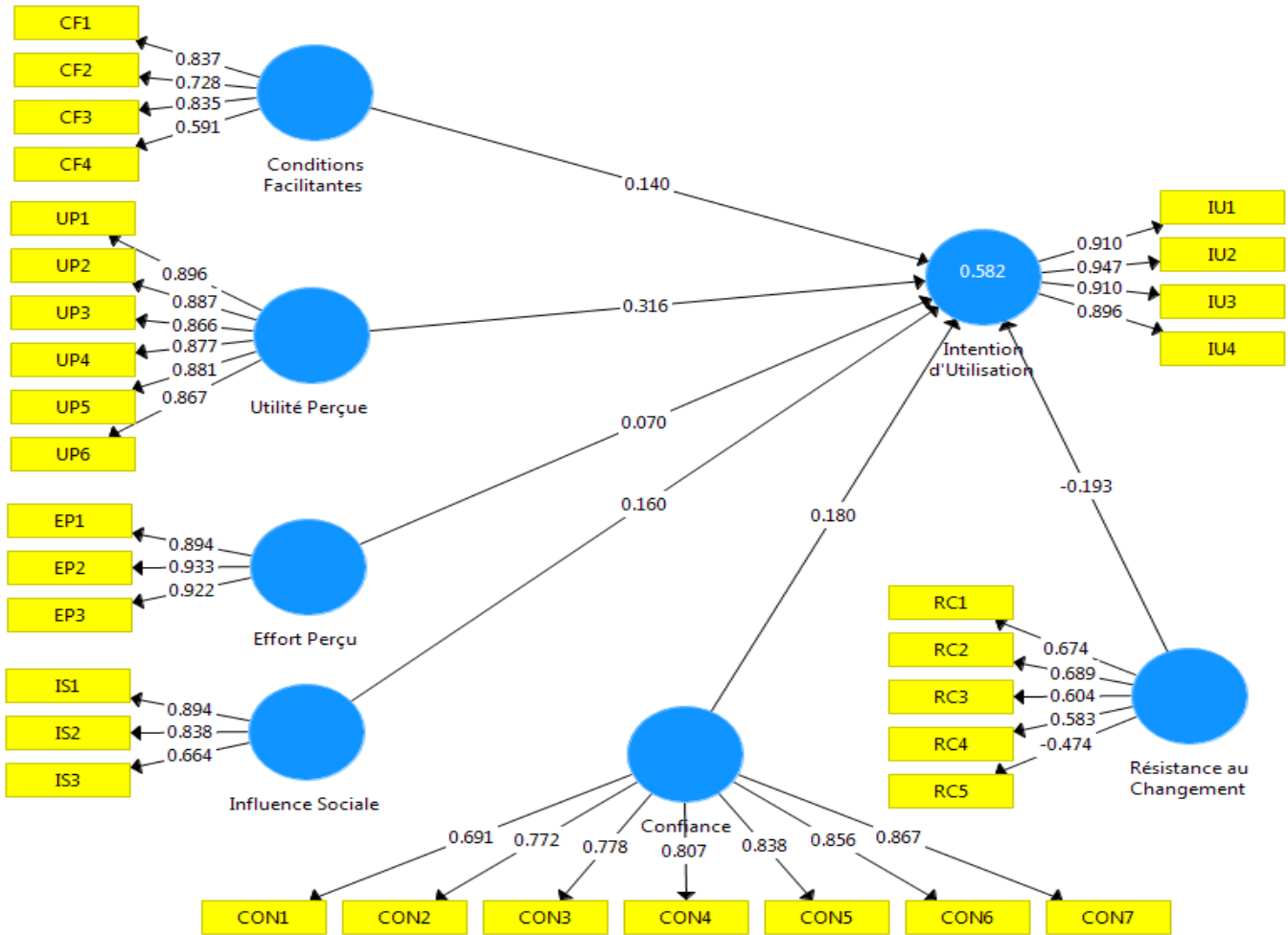


Fig. 4. Modèle de recherche sous SmartPLS

Après l'élimination de l'item RC5, nous avons obtenu les résultats présentés dans le tableau suivant :

Tableau 1. Valeurs obtenues d'Alpha de Cronbach et de fiabilité composite

Variables	Alpha de Cronbach	Fiabilité composite
Conditions Facilitantes	0,747	0,839
Confiance	0,909	0,927
Effort Perçu	0,905	0,940
Influence Sociale	0,724	0,845
Intention d'Utilisation	0,936	0,954
Résistance au Changement	0,803	0,868
Utilité Perçue	0,941	0,953

Nous remarquons que toutes les valeurs sont supérieures à 0.7, nous pouvons déduire que notre modèle, jusqu'à présent, est fiable.

• La validité convergente

La validité convergente des mesures repose sur l'examen des corrélations (ou loadings) des mesures avec leur construit respectif (Fernandes, 2012), ainsi la variance moyenne extraite (Average Variance Extracted : AVE) doit être supérieur ou égale à 0,50, pour qu'il y ait une validité convergente (Hair et al., 2017). Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus :

Tableau 2. Valeurs des AVE

Variables	Average Variance Extracted (AVE)
Conditions Facilitantes	0,569
Confiance	0,645
Effort Perçu	0,840
Influence Sociale	0,648
Intention d'Utilisation	0,839
Résistance au Changement	0,623
Utilité Perçue	0,772

Toutes les valeurs obtenues sont supérieures à 0.50, ce qui montre que la validité convergente de notre modèle est satisfaisante.

• La validité discriminante

La validité discriminante représente l'étendue avec laquelle les mesures d'un construit diffèrent des mesures d'un autre construit dans le modèle (Fernandes, 2012). Ci-dessous la table des coefficients de saturation inter items.

D'après le tableau 3, la validité discriminante de notre modèle de recherche est satisfaisante, puisque chaque variable latente présente plus de saturation avec ses variables de mesures qu'avec les variables de mesure des autres construits.

Tableau 3. Table des coefficients de saturation inter items

Items	Conditions Facilitantes	Confiance	Effort Perçu	Influence Sociale	Intention d'Utilisation	Résistance au Changement	Utilité Perçue
CF1	0,837	0,301	0,601	0,391	0,515	-0,112	0,522
CF2	0,728	0,242	0,484	0,299	0,338	-0,137	0,380
CF3	0,835	0,328	0,599	0,340	0,539	-0,053	0,536
CF4	0,591	0,301	0,378	0,405	0,319	-0,072	0,349
CON1	0,190	0,691	0,226	0,396	0,259	0,113	0,195
CON2	0,241	0,772	0,295	0,432	0,319	0,068	0,264
CON3	0,297	0,778	0,284	0,380	0,336	0,103	0,268
CON4	0,396	0,807	0,362	0,368	0,471	0,010	0,327
CON5	0,283	0,838	0,332	0,307	0,354	0,046	0,256
CON6	0,339	0,856	0,386	0,383	0,413	0,022	0,349
CON7	0,362	0,867	0,408	0,398	0,442	0,019	0,347
EP1	0,651	0,448	0,894	0,429	0,504	-0,146	0,650
EP2	0,589	0,375	0,933	0,376	0,519	-0,203	0,620
EP3	0,673	0,333	0,922	0,407	0,584	-0,099	0,611
IS1	0,427	0,458	0,429	0,894	0,516	-0,064	0,456
IS2	0,387	0,412	0,374	0,838	0,407	-0,043	0,437
IS3	0,301	0,223	0,230	0,664	0,323	0,059	0,288
IU1	0,543	0,379	0,544	0,488	0,908	-0,256	0,623
IU2	0,558	0,444	0,570	0,488	0,946	-0,246	0,629
IU3	0,513	0,444	0,492	0,483	0,911	-0,128	0,551
IU4	0,532	0,469	0,539	0,472	0,897	-0,193	0,623
RC1	-0,060	0,038	-0,092	0,002	-0,207	0,811	-0,200
RC2	-0,074	0,059	-0,157	-0,064	-0,200	0,839	-0,302
RC3	-0,197	0,072	-0,163	-0,038	-0,102	0,752	-0,213
RC4	-0,097	0,027	-0,118	-0,002	-0,171	0,750	-0,138
UP1	0,553	0,301	0,639	0,407	0,594	-0,227	0,896
UP2	0,547	0,325	0,593	0,416	0,598	-0,229	0,887
UP3	0,545	0,384	0,613	0,499	0,590	-0,259	0,866
UP4	0,510	0,350	0,595	0,471	0,557	-0,206	0,877
UP5	0,507	0,285	0,589	0,397	0,586	-0,245	0,881
UP6	0,534	0,281	0,572	0,437	0,570	-0,269	0,867

b) Evaluation de modèle structurel

Le modèle structurel est évalué sur la base de la pertinence prédictive des variables latentes, et le test des hypothèses.

• Pertinence prédictive des variables latentes

La vérification du pouvoir prédictif de nos variables latentes, exige le calcul de l'indicateur R^2 , du coefficient Q^2 , et de l'indicateur d'ajustement GoF (Goodness of fit).

• Le coefficient de détermination R^2

Le R^2 représente la proportion de variation de la (des) variable (s) dépendante (s) qui peut être expliquée par une ou plusieurs variables explicatives (Hair et al., 2017).

Selon Croutsche (2002), si le R^2 est supérieur à 0.1, le modèle est significatif. S'il est compris entre 0,05 et 0,1, le modèle est tangent. S'il est inférieur à 0,05 le modèle n'est pas significatif.

Tableau 4. Valeur du coefficient de détermination R^2

Variable dépendante	R^2	R Carré Ajusté
Intention d'Utilisation	0,562	0,547

Selon le tableau ci-dessus, la part de la variance de l'intention d'utilisation du gouvernement électronique est de 56,2%, nous pouvons alors confirmer que le pouvoir explicatif de notre variable dépendante est significatif.

• Le coefficient Q^2 de Stone-Geisser

Ce coefficient permet de vérifier dans quelle mesure les coefficients obtenus et les paramètres calculés sont reproduits par le modèle (Hannachi, 2014), il permet d'évaluer d'une part la validation croisée des mesures, et d'autre part, la validation croisée des chemins structurels (Wold, 1982). Si Q^2 est positif, alors le modèle présente une validité prédictive (Tenenhaus, 1999).

Tableau 5. Valeur du Coefficient Q^2

Variables	SSO	SSE	$Q^2 (= 1-SSE/BSP)$
Conditions Facilitantes	768,000	768,000	
Confiance	1 344,000	1 344,000	
Effort Perçu	576,000	576,000	
Influence Sociale	576,000	576,000	
Intention d'Utilisation	768,000	438,312	0,429
Résistance au Changement	768,000	768,000	
Utilité Perçue	1 152,000	1 152,000	

Nous avons Q^2 qui est égal à 0,429, ce résultat est satisfaisant puisque la valeur obtenue est positive.

• L'indice d'ajustement GoF « Goodness of fit »

L'indice d'ajustement GoF (Goodness-of-fit) prend en considération à la fois la performance du modèle de mesure, et celle du modèle structurel (Chafik et Bennaceur, 2015). Selon Wetzels, Odekerten et Oppen (2009), si le GoF est inférieur à 0.1, il n'y a pas de pouvoir prédictif, s'il est supérieur à 0.36, il y a un fort pouvoir prédictif.

Cet indice est égal à la moyenne géométrique de la moyenne des communautés et de la moyenne des R^2 du modèle. Dans notre cas, il est égal à :

$$\text{GoF} = \sqrt{[(\text{Moyenne des communautés}) \times (\text{Moyenne } (R^2))]} = \mathbf{0.629}$$

Cette valeur montre que notre modèle exprime un bon niveau d'ajustement du modèle global.

4.2.3 TEST DES HYPOTHESES DE RECHERCHE

Le test des hypothèses consiste à évaluer les effets directs entre les variables latentes liées par une relation de causalité (Jejjou, 2018), les valeurs t de Student pour un test bilatéral sont de 1,65 (niveau de signification = 10%), 1,96 (niveau de signification = 5%) et 2,57 (niveau de signification = 1%) (Hair et al., 2017).

Dans cette recherche, nous avons validé toute hypothèse ayant un t de Student supérieur à 1.96, avec un seuil d'erreur de 5 %.

Nous avons d'abord testé les hypothèses sans introduire les variables modératrices. Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus.

Tableau 6. Etat de validation des hypothèses de recherche

Hypothèses	Échantillon initial (O)	Moyenne de l'échantillon (M)	Écart-type (STDEV)	Valeur t (O/STDEV)	Valeurs-p	Statut de l'hypothèse
Conditions Facilitantes -> Intention d'Utilisation	0,176	0,178	0,072	2,443	0,015	<u>Validée</u>
Confiance -> Intention d'Utilisation	0,187	0,184	0,067	2,795	0,005	<u>Validée</u>
Effort Perçu -> Intention d'Utilisation	0,074	0,073	0,076	0,967	0,334	Rejetée
Influence Sociale -> Intention d'Utilisation	0,157	0,161	0,056	2,822	0,005	<u>Validée</u>
Résistance au Changement -> Intention d'Utilisation	-0,110	-0,122	0,052	2,130	0,034	<u>Validée</u>
Utilité Perçue -> Intention d'Utilisation	0,330	0,324	0,083	3,957	0,000	<u>Validée</u>

Cinq hypothèses de recherche ont été validées, par contre, une hypothèse n'a pas été significative.

Ensuite, nous avons intégré les variables modératrices, afin de tester leurs impacts sur la relation entre les conditions facilitantes et l'intention d'utilisation de l'e-gouvernement. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7. Analyse des effets modérateurs (Genre, Age, Niveau d'étude) sur l'intention d'utilisation

Hypothèses	Échantillon initial (O)	Moyenne de l'échantillon (M)	Écart-type (STDEV)	Valeur t (O/STDEV)	valeurs-p	Statut de l'hypothèse
Effet modérateur Genre -> Intention d'Utilisation	0,117	0,114	0,051	2,295	0,022	<u>Validée</u>
Effet modérateur Age -> Intention d'Utilisation	-0,087	-0,082	0,053	1,647	0,100	Rejetée
Effet modérateur Niveau d'étude -> Intention d'Utilisation	0,101	0,102	0,057	1,760	0,079	Rejetée

Nous avons pu valider une seule variable modératrice, celle de l'impact du genre sur la relation entre les conditions facilitantes et l'intention d'utilisation de l'e-gouvernement.

Le résultat révèle que les hommes ont un effet plus important sur cette relation par rapport aux femmes.

Tableau 8. Valeurs t de Student et valeurs p selon le genre

Hypothèse	Genre	Valeur-t	Valeur-p
Conditions Facilitantes -> Intention d'utilisation	Femme	5.355	0.000
	Homme	10.744	0.000

5 DISCUSSION ET CONCLUSION

De nombreux chercheurs ont discuté les défis auxquels est confrontée l'adoption du gouvernement électronique par les citoyens. L'utilisation reste donc un problème crucial pour les gouvernements qui veulent mettre en œuvre et développer ce projet. Cependant, ils peuvent constater que certains aspects peuvent influencer et encourager les citoyens à utiliser les services du gouvernement électronique.

Les résultats de cette étude, ont indiqué que toutes les variables prises semblent avoir une influence positive sur l'intention des citoyens d'utiliser les services de gouvernement électronique, à part l'effort perçu. Après avoir analysé les données collectées, nous procédons aux interprétations suivantes :

- **Conditions facilitantes** : la variable des conditions facilitantes a été testée à travers trois questions, qui visaient à savoir si les répondants estiment avoir accès aux ressources, aux connaissances et au soutien qui leur permettent d'utiliser les services gouvernementaux en ligne. L'analyse statistique de l'hypothèse H1 a révélé un résultat positif significatif ($t = 2,443$, $p = 0,015 < 0.05$), ce qui indique que les répondants montrent une intention positive envers l'utilisation de ces services, en supposant qu'ils possèdent ces moyens pertinents qui leur permettraient de le faire. Par conséquent, il est nécessaire d'améliorer ces conditions en termes de ressources technologiques et humaines, afin d'améliorer et d'accroître l'adoption des services en ligne.
- **Utilité perçue** : Dans cette étude, l'utilité perçue est la mesure dans laquelle le citoyen pense que l'utilisation des services en ligne, l'aidera à faciliter la communication avec l'administration en termes de bénéfices: gain de temps et d'argent, amélioration de la qualité des services offerts, et accroître l'équité entre tous les citoyens. L'analyse statistique de cette hypothèse H2 a révélé un résultat positif et significatif avec ($t = 3,957$, $p = 0,000 < 0.05$), indiquant que les répondants avaient une attitude positive envers l'utilité. Cette variable est considérée dans cette étude comme l'un des plus forts prédicteurs de l'intention d'utilisation. Ce qui montre qu'il est nécessaire de mettre l'accent sur les avantages et la qualité des services en ligne, afin d'accroître leurs acceptation.
- **Effort perçu** : Cette hypothèse a été mesurée selon quatre items qui examinaient comment les citoyens perçoivent la facilité d'utilisation des services électroniques fournis (c'est-à-dire l'effort qu'ils jugent nécessaire pour effectuer leurs démarches administratives en ligne), en évaluant ainsi si les e-services sont conçus de manière simple, et ne sont pas trop complexes à utiliser. Contrairement à nos attentes, le résultat de cette hypothèse (H3) a montré que le facteur d'effort perçu avait une influence insignifiante sur l'intention d'utilisation de l'e-gouvernement ($t = 0,967$, $p = 0,334 > 0.05$). Probablement pour nos répondants, le plus important pour eux est l'utilité du projet et ne prennent pas en considération si ces services sont faciles à utiliser ou non, puisqu'ils peuvent avoir de l'aide.
- **Influence sociale** : Cette variable a été testée par trois questions sur la perception de la manière dont les communications sociales affectent les intentions des citoyens d'utiliser les services en ligne. En termes de cette recherche, l'influence sociale (H4) a montré une influence positive sur l'intention d'utilisation de l'e-gouvernement avec ($t = 2,822$, $p = 0,005 < 0.05$), par conséquent, le gouvernement devra encourager les citoyens à influencer leur famille et leurs proches d'utiliser ces services, sans oublier les campagnes de publicité et de sensibilisation qui sont aussi plus susceptibles de convaincre les citoyens d'adopter les services e-gouvernement.
- **Confiance** : Dans cette étude, la confiance était mesurée selon deux niveaux: la confiance en gouvernement, et la confiance en Internet (technologie). L'analyse statistique (H5) a confirmé que la confiance avait un effet positif et significatif sur l'intention d'utilisation des services de gouvernement électronique par les citoyens marocains avec ($t = 2,795$, $p = 0,005 < 0.05$). le résultat indique que, pour accroître l'utilisation des services d'administration en ligne, il convient d'accroître et de développer le niveau de confiance des citoyens envers les entités gouvernementales et leurs systèmes électroniques.
- **Résistance au changement** : Cette variable a été testée dans cette étude par quatre items, la favorisation du contact direct avec l'administration, et l'inquiétude d'utiliser les services en ligne, l'hypothèse (H6) a été validée et a montré un impact négatif sur l'intention d'utilisation de l'e-gouvernement avec ($t = 2,130$, $p = 0,034 < 0.05$). Les résultats montrent que plus les utilisateurs résistent à ce type de changement, plus ils n'ont pas l'intention d'adopter ces services. Par conséquent le gouvernement marocain devra rassurer les citoyens en termes d'avantages, sécurité et confidentialité des services en ligne, et faire face à la fracture numérique.

Par la suite nous avons intégré les variables modératrices, le genre, l'âge et le niveau d'étude afin de tester leur impact sur la relation entre les conditions facilitantes et l'intention d'utiliser l'e-gouvernement.

D'après l'analyse statistique, seul le modérateur genre qui a été validé, le résultat montre que les hommes ont plus d'impact sur la relation entre les conditions facilitantes et l'intention d'utilisation par rapport aux femmes, contrairement à l'hypothèse

de Venkatesh (2012) qui a indiqué que les hommes ont moins tendance à s'appuyer sur des conditions facilitantes lorsqu'ils utilisent une nouvelle technologie. L'âge et le niveau d'étude ont été insignifiants.

En ce qui concerne la variable dépendante, la variance de l'intention d'utilisation de l'e-gouvernement est de 56.2%, nous avons comparé cette valeur avec celle du modèle UTAUT 2 (56% à 74%) puisque il a intégré des nouvelles variables (la motivation hédonique, le prix et l'habitude) comme le cas de cette recherche (Confiance et Résistance au changement), ainsi ce résultat montre un pouvoir explicatif élevé de notre modèle.

Finalement, étant donné l'importance de la mise en œuvre réussie des services gouvernementaux électroniques, et d'un point de vue pratique, le gouvernement marocain et les autres organismes responsables, devraient adopter une position positive à l'égard des facteurs qui influent l'utilisation de ces services. Par conséquent cette étude pourrait être utilisée pour déterminer les perceptions du comportement attendu des citoyens marocains.

REFERENCES

- [1] Ajzen, I., « The Theory of Planned Behaviour. Organizational Behaviour and Human Decision Processes », 50 (2), 1991, p.179-211.
- [2] Akbar, F., « What affects students' acceptance and use of technology? » thèse de doctorat, Carnegie Mellon University, 2013.
- [3] Al Mansoori, A. K., « Use of a modified UTAUT model to investigate Emirati Citizens' adoption of e Government in Abu Dhabi », thèse de doctorat, University of Wollongong in Dubai, 2017.
- [4] Alanazi, J., « e-Government continuance from an expectation confirmation theory perspective: Survey research on citizens' experience », thèse de doctorat, University of Wollongong, 2013.
- [5] Alateyah, A. S., Crowder, M. R. et Wills, B.G., « Identified Factors Affecting the Citizen's Intention to Adopt E-government in Saudi Arabia », World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Humanities and Social Sciences, 80, 2013.
- [6] Al-nawafah, S. S., « Factors Impacting the Citizens' Intention to Use E-Government Services Among Jordanian Citizens », International Review of Management and Business Research, 6(2), June 2017, p.371-384.
- [7] Alsaif, M., « Factors affecting citizens adoption of e-Government moderated by socio-cultural values in Saudi Arabia », thèse de doctorat, University of Birmingham, July 2013.
- [8] Al-Shafi, H. S., « Factors affecting e-government implementation and adoption in the state of Qatar », thèse de doctorat, Brunel University, 2009.
- [9] Alshehri A. M. , « Using the UTAUT model to determine factors affecting acceptance an use of e-government services in the kingdom of Saudi Arabia », thèse de doctorat, School of ICT, Griffith University, Brisbane, Australia, December 2012.
- [10] Alshehri, M., Drew, S. et Al Ghamdi, R., « Analysis of citizens' acceptance for e-government services: applying the UTAUT model », Proceedings of the IADIS Multi Conference on Computer Science and Information Systems (MCCSIS), 2012.
- [11] Ayyash, M. M., Ahmad, K. et Singh, D., « A Questionnaire Approach for User Trust Adoption in Palestinian E-Government Initiative », American Journal of Applied Sciences, 8 (11),2011, p.1202-1208.
- [12] Chafik, K. et Bennaceur, A., « Les déterminants de l'intention d'adoption du commerce électronique chez les dirigeants-propriétaires des P.M.E. marocaines : Test des variables d'extension du modèle TAM », Novembre 2015.
- [13] Chang, A., « UTAUT and UTAUT 2: a review and agenda for future research », Journal The WINNERS, 13 (2), September 2012, p.106-114.
- [14] Chatzoglou, P. Chatzoudes, D. et Symeonidis, S., « Factors affecting the intention to use e-Government services », Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems, ACSIS, 5, 2015, p. 1489–1498.
- [15] Colesca, E. S. et Dobrica, L., « Adoption and use of e-government services: the case of Romania », Journal of applied research and technology, 6 (3), December 2008, p.204-217.
- [16] ElKheshin, A. S., « Determinants of E-government Services Adoption in Developing Countries (Egypt) », thèse de doctorat, Middlesex University, 2016.
- [17] Fernandes, V., « En quoi l'approche PLS est-elle une méthode a (re)-découvrir pour les chercheurs en management ? », AIMS, 15, 2012, p.102 – 123.
- [18] Gefen, D., Karahanna, E., et Straub, D., «Trust and TAM in online shopping: An integrated model », MIS Quarterly, 27, March 2003, p.51–90.
- [19] Hadji, B., « Utilisation et réutilisation des données d'un système d'information clinique : application aux données de pilotage à l'Hôpital Européen Georges Pompidou », thèse de doctorat, Université de Pierre et Marie Curie, Paris VI, 2016.
- [20] Hair, J., Hult, T., Ringle, C. et Sarstedt, M., « A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) », SAGE, 2017.
- [21] Haloui, N., « Facteurs explicatifs de l'adoption par les ministères et organismes des projets transversaux de gouvernement en ligne : Une étude empirique au Québec », thèse de doctorat, Université Laval, 2009.

- [22] Hariri, A. A., « Adoption of learning innovations within UK universities: validating an extended and modified UTAUT model », thèse de doctorat, University of Warwick, June 2014.
- [23] Lamharhar, H. Chiadmi, D. et Benhlila, L., « Moroccan e-Government Strategy and Semantic Technology », Public Administration and Information Technology, PAIT, 3, October 2013.
- [24] Mansor, F. M., « Factors influencing intention resistance to change: A study of service organization in Malaysia », Journal of Applied Sciences Research, 9(4), January 2013, 2620-2630.
- [25] Nisson, C. et Earl, A., « The Theories of Reasoned Action and Planned Behavior: Examining the Reasoned Action Approach to Prediction and Change of Health Behaviors », University of Michigan, 2015.
- [26] Shih, H. P., « An empirical study on predicting user acceptance of e-shopping on the Web », Information & Management, 41, June 2003, p.351–368.
- [27] Suki, M. N. et Ramayah T., « User Acceptance of the E-Government Services in Malaysia: Structural Equation Modelling Approach », Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management, 5, 2010.
- [28] Sultan, A. M. Risman, M. et Ramdhan, P., « Behavioral Intention of Instagram as Part of Technology Acceptance », Advances in Economics, Business and Management Research, 1st Global Conference on Business, Management and Entrepreneurship (GCBME), 15, December 2016.
- [29] Tan, Y. et Theon, W., « Toward a Generic Model of Trust for Electronic Commerce », International Journal of Electronic Commerce, 5(2), 2001, p.61-74.
- [30] Tenenhaus, M., « L'approche PLS. Revue de Statistique Appliquée », 47, 1999, p.5–40.
- [31] Tenenhaus, M., Vinzi, V. E., Chatelin, Y. M. et Lauro, C., « PLS path modeling », Computational Statistics and Data Analysis, 48(1), March 2004, p.159–205.
- [32] Teo, T., Srivastava, S. et Jiang, L., « Trust and electronic government success: An empirical study », Journal Management Information Systems, 2008, 25, p.99–131.
- [33] Venkatesh, V. et Zhang, X., « Unified Theory of Acceptance and Use of Technology: U.S. Vs. China », Journal of Global Information Technology Management, 13 (1), 2010, p.5-27.
- [34] Venkatesh, V., Morris, M., Davis, G., et Davis, F., « User acceptance of information technology: toward a unified view ». MIS Quarterly, 27 (3), September 2003, p.425-478.
- [35] Venkatesh, V., Thong, J., et Xu, X., « Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology », MIS Quarterly, 36(1), March 2012, p.157-178.
- [36] Wangpipatwong, S., Chutimaskul, W et Papasratorn, B., « Understanding Citizen's Continuance Intention to Use e-Government Website: a Composite View of Technology Acceptance Model and Computer Self-Efficacy », The Electronic Journal of e-Government 6(1), 2008, p.55 – 64.
- [37] Wetzels, M., Odekerken-Schröder, G. et Van Oppen, C., « Using PLS path modeling for assessing hierarchical construct models: Guidelines and empirical illustration », MIS Quarterly, 33(1), March 2009, p. 177–195.
- [38] Yejjou, H., « L'Évaluation du succès du système d'information dans le secteur de pêche Marocain », thèse de doctorat, Université Abdelmalek Essaâdi, 2018.
- [39] Zafiroopoulos, K., Karavasilis, I. et Vrana, V., « Assessing the Adoption of e-Government Services by Teachers in Greece », Future Internet, May 2012, 4, p.528-544

ANNEXE 1 : LES ITEMS DE RECHERCHE ET LEURS RÉFÉRENCES

Construits	Items	Codification	Sources
Variables modératrices	-De quel sexe êtes-vous ? -A quelle tranche d'âge appartenez-vous ? -Quel est votre niveau d'étude ?	GENRE AGE NE	Venkatesh et al (2003), Al-shafi (2009), Alshehri (2012), Suki et Ramayah (2010), Alateyah, ElKheshin (2016).
Conditions Facilitantes	-J'ai le matériel nécessaire pour utiliser les services du gouvernement électronique (Ordinateur, téléphone mobile ...). -Ma connexion Internet est très bonne pour utiliser ces services. -J'ai les connaissances et les compétences nécessaires pour utiliser ces services. -Une personne sera disponible pour m'aider en cas de problème dans l'utilisation de ces services.	CF1 CF2 CF3 CF4	Al-shafi (2009), Akbar (2013), Venkatesh et al (2003), Suki et Ramayah (2010).
Utilité Perçue	-Je gagne du temps en utilisant les services du gouvernement électronique au Maroc. -J'économise mon argent en utilisant ces services. -L'utilisation de ces services me permet de communiquer avec l'administration à tout moment, sans être conditionné par les horaires normaux administratifs. -L'utilisation de ces services améliore ma relation avec l'administration en termes de qualité et de transparence. -Je suis plus efficace en utilisant ces services. -En générale, l'utilisation des services du gouvernement électronique est utile pour moi.	UP1 UP2 UP3 UP4 UP5 UP6	Akbar (2013), Al-shafi (2009), Al Nawafah (2017), Wangpipatwong, Chutimaskul, Papastratom (2008), Teo, Srivastava et Jiang (2008), Colesca et Dobrica (2008), Shih (2004), Venkatesh et al (2003), ElKheshin (2016), Suki et Ramayah (2010).
Effort Perçu	-L'utilisation des services du gouvernement électronique au Maroc est facile pour moi. -Je n'ai pas besoin de beaucoup d'efforts pour comprendre les démarches administratives en ligne. -Il est facile pour moi d'apprendre et de devenir compétent dans l'utilisation de ces services.	EP1 EP2 EP3	Akbar (2013), Al-shafi (2009), Al Nawafah (2017), Mokhtar (2008), Teo, Srivastava et Jiang (2008), Colesca et Dobrica (2008), Shih (2003), Venkatesh et al (2003), Suki et Ramayah (2010), ElKheshin (2016).
Influence sociale	-Les personnes que je connais m'encouragent à utiliser les services du gouvernement électronique. -Les personnes autour de moi qui utilisent ces services, ont plus de prestige. -Je suis satisfait de la campagne d'informations et de sensibilisation en matière des services du gouvernement électronique (Télévision, Radio, Journaux, bannières sur les sites Internet ...).	IS1 IS2 IS3	Akbar (2013), Al-shafi (2009), Mokhtar (2008), Zafiroopoulos, Karavasilis et Vrana (2012), Venkatesh et al (2003), Suki et Ramayah (2010).
Confiance	-Je fais confiance au gouvernement marocain parce qu'il pense au citoyen, et le met dans ses priorités. -Je suis confiant que je peux compter sur le gouvernement en matière des services offerts du gouvernement électronique. -Je suis convaincu que le cadre juridique actuel m'encourage à utiliser ces services. -En général, je trouve que l'Internet est maintenant un espace fiable et sûr pour communiquer avec l'administration, et effectuer mes démarches administratives. -Je suis confiant que mes données transmises en ligne, ne seront pas utilisées à mauvais escient et seront traitées confidentiellement. -Je suis confiant que mes données transmises en ligne seront traitées et non ignorées.	CON1 CON2 CON3 CON4 CON5 CON6 CON7	Al Nawafah (2017), ElKheshin (2016), Al-shafi (2009), Teo, Srivastava et Jiang (2008).

	-Je fais confiance aux mesures de sécurité et de protection de la vie privée mises en place pour les services du gouvernement électronique.		
Résistance au Changement	-Je fais confiance aux mesures de sécurité et de protection de la vie privée mises en place pour les services du gouvernement électronique.	RC1	ElKheshin (2016), Al Nawafah (2017), Akbar (2013), Venkatesh et al (2003), Mansor (2013).
	-Je ne trouve pas la nécessité de fournir des services en ligne car je n'en ai pas besoin.	RC2	
	-Je trouve que l'internet rend les services administratifs plus compliqués.	RC3	
	-Je refuse utiliser ces services de peur de commettre des erreurs que je ne pourrais pas réparer.	RC4	
	-Je peux exprimer et partager mon insatisfaction sur l'utilisation des services de gouvernement électronique.	RC5	
Intention d'utilisation	-J'ai l'intention d'utiliser les services du gouvernement électronique au Maroc.	IU1	Mokhtar (2008), Akbar (2013), Venkatesh et al (2003), Suki et Ramayah (2010), Wangpipatwong (2008).
	-J'ai l'intention de continuer à utiliser les services du gouvernement électronique au Maroc.	IU2	
	-A l'avenir, je considérerai les services du gouvernement électronique comme étant mon premier choix pour effectuer mes démarches administratives.	IU3	
	-Je recommanderai fortement aux autres d'utiliser les services du gouvernement électronique.	IU4	

Chemical speciation of iron in urban shallow groundwater, southeastern Brazzaville, Congo

Matini Laurent^{1,2}, Moutou Joseph Marie^{1,2}, Nkounkou Tomodiatounga Dominique³, and Massoumou Massolola¹

¹Laboratory of Applied Mineral Chemistry, Sciences and Techniques Faculty, Marien NGouabi University,
P.O. Box 69 Brazzaville, Republic of the Congo

²Laboratory of chemistry, Superior National School, Marien NGouabi University,
P.O. Box 69 Brazzaville, Republic of the Congo

³Mechanical, Energetic and Engineering laboratory, Higher National Polytechnic School, Marien NGouabi University,
P.O. Box 69 Brazzaville, Republic of the Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study assessed the groundwater quality in southeastern Brazzaville, Congo, in order to calculate iron chemical speciation. A total of twenty two groundwater samples were collected in rainy and dry seasons. Physico-chemical parameters namely pH, TDS, EC, T, D.O, TH, Alk, ORP, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , F^- , Fe_{tot} , Fe^{2+} and Fe^{3+} were analyzed. The results indicate acidic nature and oxidizing conditions in groundwater, contamination of groundwater by domestic sewage, water septic tanks at the sight of EC values and iron content higher than permissible limit of 0.3 mg/L in the majority of groundwater samples. Modeling of iron chemical speciation in the groundwater samples using Visual Minteq computer program revealed that the predominant species were free ionic form Fe^{2+} in both season followed by $\text{FeSO}_4(\text{aq})$ for Fe(II) species. The majority of Fe(III) species were fluoro complexes FeF^{2+} and $(\text{FeF}_2)^+$, sulphato complex ion FeSO_4^+ and free ionic form Fe^{3+} in rainy season. The hydroxo complexes of Fe(III) are predominant in dry season.

KEYWORDS: Groundwater, Iron, Chemical speciation, Modelling, Visual Minteq.

1 INTRODUCTION

Groundwater is one of natural water resource that human being use for domestic needs, industrial and agricultural activities. In developing countries many people use shallow groundwater sources for drinking and domestic purposes. The study of groundwater chemistry reveals much information on different purposes [1, 2]. Problems which affect the quality of groundwater are waste disposal on land surface, septic tanks, use of fertilizers and other agricultural chemicals, contamination by geogenic sources [3, 4]. The lithology of the area is one of the factors that control groundwater chemistry.

The impact of human activities has repercussions on the physical and chemical properties of the groundwater. Thus in the case of unsafe drinking water some diseases such as cholera, typhoid, dysentery and diarrhea can arise [5]. In developing country like Congo-Brazzaville, Soil waste dumps are frequently present and can affect the quality of groundwater through metal pollution. Iron is one of the metals found in groundwater at level high the permissible limit of 0.3 mg/L for drinking water in the country [6]. Iron is a micronutrient and the body requires it in small amounts for metabolic activities. When iron content in water is higher than 0.5 mg/L, severe toxicity in human physiological systems can occur [7]. Therefore it is primordial to determine groundwater quality in order to assess its suitability for a particular purpose [8].

Chemical speciation of metals in groundwater has been investigated in many studies using geochemical softwares such as Phreeqc, Vminteq, Wham [9-14]. In water systems metals can be coordinated with some anions. The chemical speciation of metals determines their toxicity and bioavailability which are a prediction of metal behavior and possible impact in the environment [15, 16].

Vol. 25 No. 1, Dec. 2018

63

The most well water present iron sheet as well casings in the study area. The main natural recharge to groundwater is from precipitation (rainfall). Farming activities are present around some well water sites and also agricultural activities near the River Mfilou. Belonging to the continental sedimentary basin of tertiary age, the southeastern Brazzaville is made of sedimentary deposits with recent alluvium formations covering the bed rock. These formations are also made with ochre sands or Batéké sands (silicate sandstones), which constitute the formation of Inkisi classically joined to the schisto-sandy group.

Fig. 1. Location of the study area and groundwater sites

The sampling was done in rainy (October 2012) and dry (August 2013) seasons. Twenty two samples of groundwater of which 19 wells water (P), 2 bore wells (BH) and 1 water spring (S) were collected in three times after running them for 10 minutes. Location of the monitoring groundwater sites was determined using the global positioning system (GPS) as shown in Figure 1. The analysis covers the physicochemical parameters as shown in the results. Before water sampling, all the polyethylene bottles were cleaned and rinsed thoroughly with water to be analyzed. The groundwater samples collected were

labeled, transported to the laboratory and preserved in a refrigerator at a temperature of about 4 °C until analysis. All reagents used were of analytical grade. Samples were unfiltered and the concentration of iron could correspond to the total concentration if the groundwater was used by the consumers for drinking. The physico chemical parameters were determined using standard methods [18].

The measurements of pH, oxidation reduction potential (ORP), electrical conductivity (E.C), total dissolved solids (TDS), temperature (T) and dissolved oxygen (DO) were carried out in the field using Consort C933 multi-parameters portable. Total hardness (TH), Ca^{2+} was determined by EDTA complexometric titration and Mg^{2+} by calculation from total hardness and calcium. Na^+ and K^+ were determined by photometric method. Chloride (Cl^-) in groundwater was determined by argentometric titration method using potassium chromate indicator solution and standard silver nitrate titrant, SO_4^{2-} by turbidimetric method. Bicarbonate (HCO_3^-) was obtained by titration method after measured value of total alkalinity, methyl orange use as an indicator. Nitrate (NO_3^-) and orthophosphates (PO_4^{3-}) were determined by spectrophotometric method. Iron contents were determined by phenanthroline spectrophotometry method. The method involves the complexation of Fe^{2+} with 1, 10-phenanthroline to produce an intensely red-orange colored complex. Iron present in the water exists as Fe^{3+} and Fe^{2+} . Before to measure total iron contents in groundwater samples, first Fe^{3+} was reduced to Fe^{2+} by the addition in excess of a reducing agent hydroxylamine to maintain iron in the +2 state. After that, ferric ions contents were calculated by subtraction. All the water quality parameters were expressed in mg/L, except EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) and pH (unit).

2.3 STATISTICAL ANALYSIS

Hierarchical clustering analysis (HCA) was used to get a better separation among groundwater samples. HCA is an exploratory technique with graphic output as a dendrogram and the method is used frequently in environmental sciences [19-23]. It helps to classify group samples or group variables of a data set. In this study, HCA was performed on the data set by means of the Ward's method, using Euclidean distances as a measure of similarity. The statistical software used is Statistica 7.1.

2.4 MODELING CALCULATIONS

The geochemical computer program Visual Minteq ver. 3.0 [12] was used to determinate the chemical speciation of iron that may exist in the groundwater. This computer program has an extensive database of aqueous species for interpretation purposes. The anion concentrations determined in the study influence the

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS

Groundwater data of the samples in rainy and dry seasons were statistically described as minimum, maximum, mean, median, variance and standard deviation (SD) in Table 1 and Table 2, respectively. The results indicate that pH values varied from 2.87 to 5.83 with a mean of 4.11 ± 0.91 in rainy season and from 4 to 6.73 with a mean of 5.08 ± 0.86 in dry season. Groundwater is acidic in nature in both seasons with a more pronounced acidity in the rainy season. This could be explained by the decomposition of the soil organic matter (high vegetation in the study area) and a pyrite oxidation [25] as describe in the following reaction:



This equation describes pyrite oxidation in the presence of water leading to the formation of acid (H^+) and sulfates (SO_4^{2-}). ORP values of the groundwater samples ranged from 181.10 to 404.70 mV in rainy season and from 130.27 to 395 mV in dry season. These values characterize an oxidizing environment. The variable ORP contributed to the interaction between water and redox sensitive minerals such as sulphides. In rainy season 59.09% of groundwater samples have E.C value range from 305.5 to 544.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and in dry season 68.18% of the samples have E.C range from 302.67 to 704 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Overall the high values of electrical conductivity ($\text{E.C} > 300 \mu\text{S}/\text{cm}$) suggests to contamination of groundwater by domestic sewage and water septic tanks. This could explain the high concentrations of sodium observed in the corresponding groundwater samples. TDS are mainly compounds of inorganic salts, the amount ranges from 34.57 to 289.67 mg/L and from 27.33 to 374.67 mg/L in rainy and dry seasons, respectively. With reference to quality, all the groundwater samples (100%) are freshwater with TDS values $< 1,000 \text{ mg/L}$ [26]. Dissolved oxygen (DO) values in groundwater samples were small in rainy season as 0.03 to 0.32 mg/L and 3.2 to 8 mg/L in dry season, which denotes an intense bacterial activity in rainy season.

Total hardness (TH) ranged from 61.67 to 100.84 mg/L CaCO_3 in rainy season and from 74.92 to 330.52 mg/L in dry season. Water with hardness value above 300 mg/L may cause kidney and heart diseases [27]. According the classification of water depending upon hardness [28] as shown in Table 3, groundwater samples belong to soft (31.81% of samples) and medium hard (68.39 % of samples) in rainy season. In dry season, the classification was medium hard (40.90% of samples) and hard (59.10% of samples).

Alkalinity (Alk) is a measure of the ability of water to neutralize acids. The total alkalinity varied from 12.20 to 67.10 mg/L in rainy season and from 9.76 to 58.56 mg/L in dry season. These values denote a decreasing of the alkalinity from rainy season to dry season. In both seasons, the predominant cation trend in groundwater samples was $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$. Sodium (Na^+) was the dominant cation with the concentration ranged between 48.56 to 88.44 mg/L with an average of 62.39 mg/L in rainy season and from 11.65 to 119.25 mg/L with an average of 50.98 mg/L in dry season. In all the groundwater samples, sodium concentration was lower than the maximum permissible limit of 200 mg/L in both seasons, according the WHO guideline. Source of Na^+ and Cl^- in the groundwater of the study area may be domestic wastewater, which is usually enriched in Na^+ relatively to Cl^- . Calcium (Ca^{2+}) was the second most dominant cation with concentration ranged from 7 to 18 mg/L with a mean of 12.59 mg/L in rainy season and from 10 to 54 mg/L with a mean of 26 mg/L in dry season. The other cations, magnesium (Mg^{2+}) its concentration ranged from 7 to 17 mg/L with an average of 12.4 mg/L in rainy season and from 10 to 47 mg/L with an average of 22.64 mg/L in dry season. Potassium (K^+) presents the lowest concentrations which ranged from 3.1 to 8.8 mg/L with an average of 5.6 mg/L in rainy season and from 1.9 to 8 mg/L with an average of 3.76 mg/L in dry season. Potassium has the tendency to be fixed by clay minerals which could explain the low concentrations [29]. All the concentrations of major cations are below the WHO limits [17].

Assessment of anion concentrations shows that bicarbonate (HCO_3^-) was the dominant anion with concentration ranged from 10 to 55 mg/L with a mean of 23.59 mg/L in rainy season and from 8 to 48 mg/L with a mean of 27.50 in dry season. Chloride concentrations ranged from 3 to 21 mg/L with an average of 9.36 mg/L in rainy season and from 3 to 17 mg/L with an average of 9.82 mg/L in dry season. Sulphate concentration ranged from 4 to 13 mg/L with a mean of 9.09 mg/L in rainy season and from 0.32 to 16 mg/L with a mean of 5.72 mg/L in dry season. Sulphate concentrations in the studied area are attributed mainly to oxidation of pyrite (FeS) in the aquifer [25].

Table 1. Descriptives statistics of groundwater parameters in rainy season

Parameter	Min	Max	Mean	Median	Variance	SD
pH	2.87	5.83	4.11	3.98	0.82	0.91
TDS	34.57	289.67	157.95	164.5	5347.23	73.12
EC	67.25	544.67	298.55	310.67	19108.88	138.23
T	24.30	27.30	25.94	25.80	0.72	0.85
D.O	0.03	0.32	0.16	0.17	0.00	0.07
TH	61.67	100.84	82.05	82.09	128.77	11.35
Alk	12.20	67.10	28.78	25.62	192.03	13.86
ORP	181.10	404.70	321.20	343.90	3955.59	62.89
Ca^{2+}	7.00	18.00	12.59	12.00	9.59	3.10
Mg^{2+}	7.00	17.00	12.14	12.00	6.41	2.53
Na^+	48.56	88.44	62.39	61.15	85.26	9.23
K^+	3.10	8.80	5.60	5.50	2.75	1.66
Cl^-	3.00	21.00	9.36	7.50	31.19	5.59
SO_4^{2-}	4.00	13.00	9.09	10.00	6.66	2.58
HCO_3^-	10.00	55.00	23.59	21.00	129.02	11.36
NO_3^-	0.30	2.55	1.17	1.05	0.37	0.61
PO_4^{3-}	0.12	0.28	0.19	0.19	0.00	0.05
F^-	0.13	0.34	0.21	0.20	0.002	0.05
Fe_{tot}	0.03	0.32	0.16	0.17	0.005	0.07
Fe^{2+}	0.02	0.17	0.07	0.075	0.003	0.05
Fe^{3+}	0.01	0.15	0.09	0.095	0.002	0.02

Table 2. Descriptives statistics of groundwater parameters in dry season

Parameter	Min	Max	Mean	Median	Variance	SD
pH	4.00	6.73	5.08	4.81	0.75	0.86
TDS	27.33	374.67	173.05	169.83	7793.25	88.28
C.E	53.73	704.00	340.61	352.50	25647.62	160.15
T	22.90	25.30	24.00	24 .05	0.42	0.654
D.O	3.20	8.00	6.00	6.35	1.75	1.32
TH	74.92	330.52	159.17	144.45	5590.78	74.77
Alk	9.76	58.56	33.55	35.38	178.01	13.34
ORP	130.27	395.00	286.61	305.35	5456.84	73.87
Ca ²⁺	10.00	54.00	26.00	23.00	203.33	14.26
Mg ²⁺	10.00	47.00	22.64	20.00	122.34	11.06
Na ⁺	11.65	119.25	50.98	53.22	933.69	30.56
K ⁺	1.90	8.00	3.76	3.25	2.04	1.43
Cl ⁻	3.00	17.00	9.82	10.00	14.63	3.83
SO ₄ ²⁻	0.32	16.00	5.72	5.00	25.38	5.04
HCO ₃ ⁻	8.00	48.00	27.50	29.00	119.60	10.94
NO ₃ ⁻	0.25	6.30	1.61	1.15	2.16	1.47
PO ₄ ³⁻	0.18	2.10	0.75	0.67	0.31	0.56
F ⁻	0.10	0.90	0.29	0.21	0.06	0.23
Fe _{tot}	0.15	0.90	0.31	0.20	0.06	0.25
Fe ²⁺	0.02	0.75	0.18	0.08	0.06	0.24
Fe ³⁺	0.13	0.15	0.13	0.12	0.00	0.01

Table 3. Classification of water according the hardness

Classification	Hardness range (mg/L CaCO ₃)
Soft	0 - 75
Medium hard	75 - 150
Hard	150 - 300
Very hard	> 300

In both seasons all the anion concentrations were below the WHO limits for drinking. In aerobic conditions, nitrates are the end product of the stabilization of organic nitrogen, NO₃⁻ concentration of groundwater samples varied from 0.3 to 2.55 mg/L and from 0.25 to 6.30 mg/L with a mean of 1.17 mg/L and 1.61 mg/L in rainy and dry seasons, respectively. In the studied area, nitrate concentration is below the WHO permissible limit of 50 mg/L. The orthophosphate (PO₄³⁻) concentration ranged from 0.12 to 0.28 mg/L and from 0.18 to 2.10 mg/L with a mean of 0.19 mg/L and 0.75 mg/L in rainy and dry seasons, respectively. Fluoride (F⁻) exhibited low concentration in groundwater samples with a range of 0.13 - 0.34 mg/L and an average of 0.2 mg/L in rainy season. In dry season the range of F⁻ concentration was 0.10 - 0.90 mg/L with an average of 0.29 mg/L.

The concentration of observed total iron (Fe_{tot}) in groundwater samples varied from 0.03 to 0.32 mg/L with a mean of 0.16 mg/L in rainy season while the range in dry season was 0.15 to 0.90 mg/L with a mean of 0.29 mg/L. Ionic iron (III) concentration as Fe³⁺ ranged from 0.01 to 0.15 mg/L with a mean of 0.09 mg/L in rainy season. In dry season, the range was 0.13 to 0.15 mg/L with a mean of 0.13 mg/L. In both seasons, the concentrations of major anions exhibited the following order: HCO₃⁻ > Cl⁻ > SO₄²⁻.

3.2 HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS (HCA)

The spatial classes of groundwater samples are illustrated using a dendrogram. In rainy season, the dendrogram consists of three groups of very distinct groundwater samples (**fig. 2**). Group 1 is very characteristic of the other two because it contains the samples with the lowest alkalinity (**fig. 3**), lowest concentration of ammonium and fluoride ions (**figs. 4 and 5**) and the highest mineralization (EC, TDS) (**fig. 6**). The trend of mineralization was in the following decreasing order: group 1 > group 2 > group 3. These three clusters are also differentiated by the concentration of ammonium ion as: group 1 < group 2 < group 3. This suggests that degradation of organic matter is greater in water points of group 3 during the rainy season. The parameter Fe_{tot} discriminates also the three clusters.

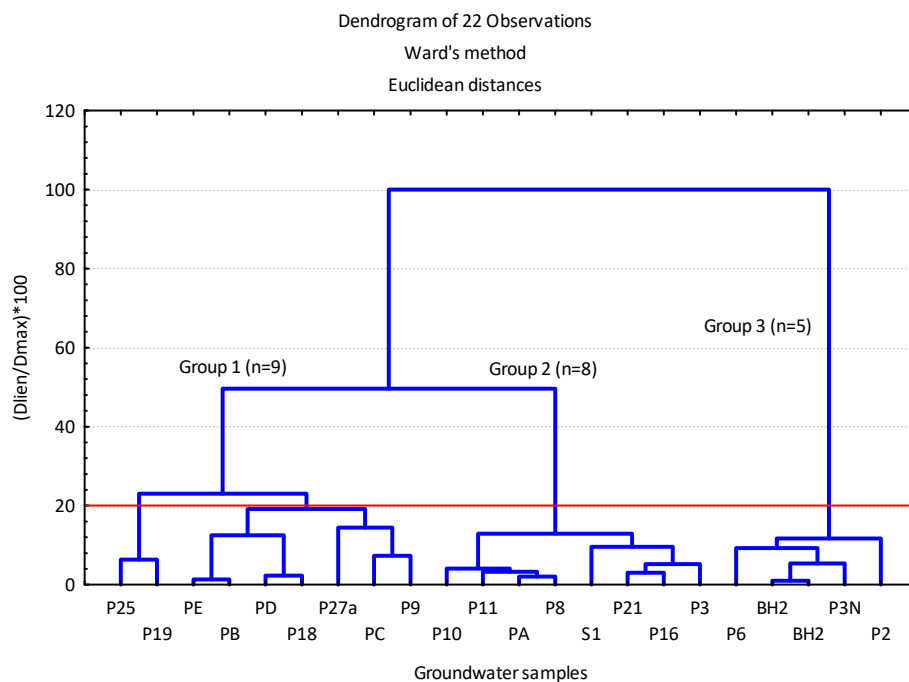


Fig. 2. Dendrogram of groundwater samples in rainy season

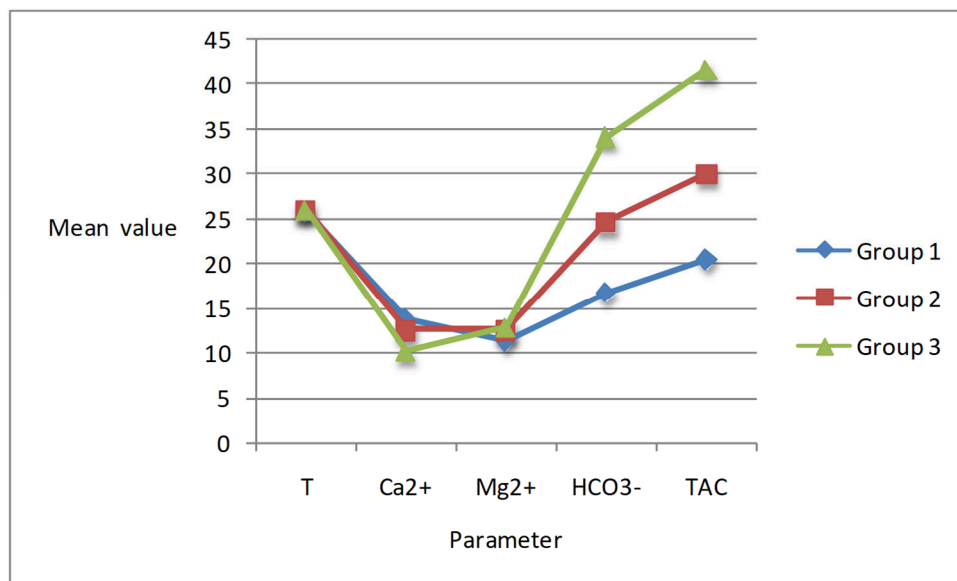


Fig. 3. Distribution of mean value of T, Ca 2+ , Mg 2+ , HCO3 and TAC in the three clusters (rainy season)

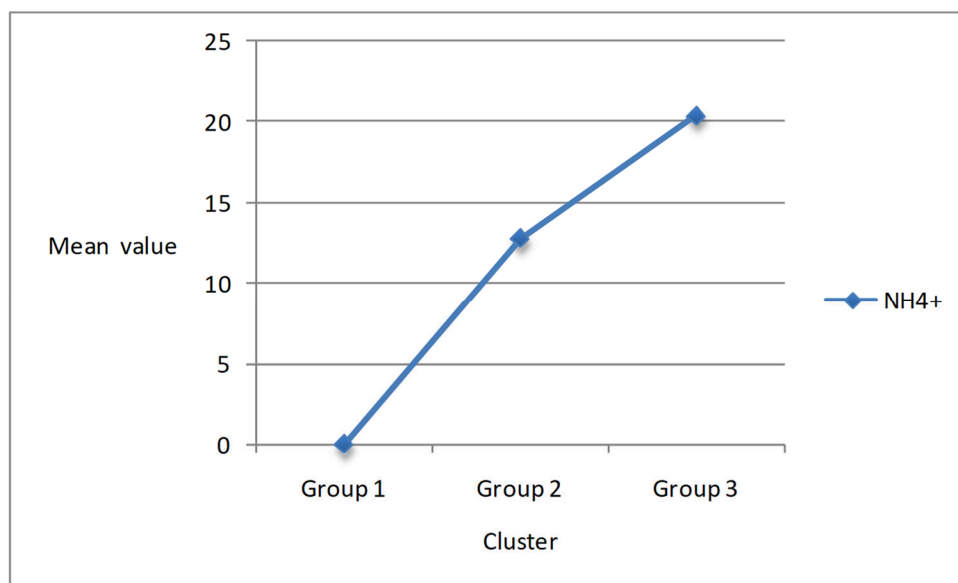


Fig. 4. Distribution of mean value of NH_4^+ concentration in the three clusters (rainy season)

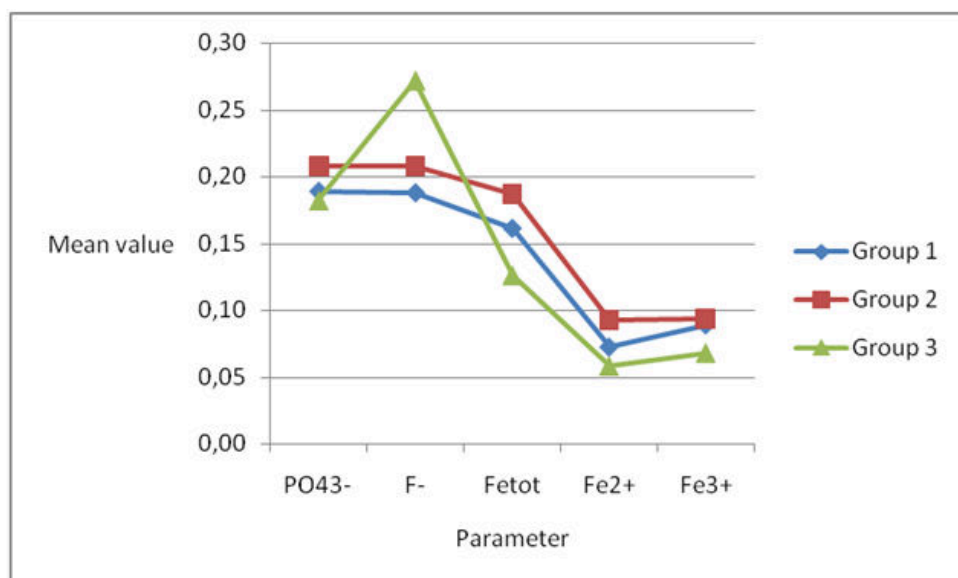


Fig. 5. Distribution of mean value of PO_4^{3-} , F^- , Fe_{tot} , Fe^{2+} and Fe^{3+} concentration in the three clusters (rainy season)

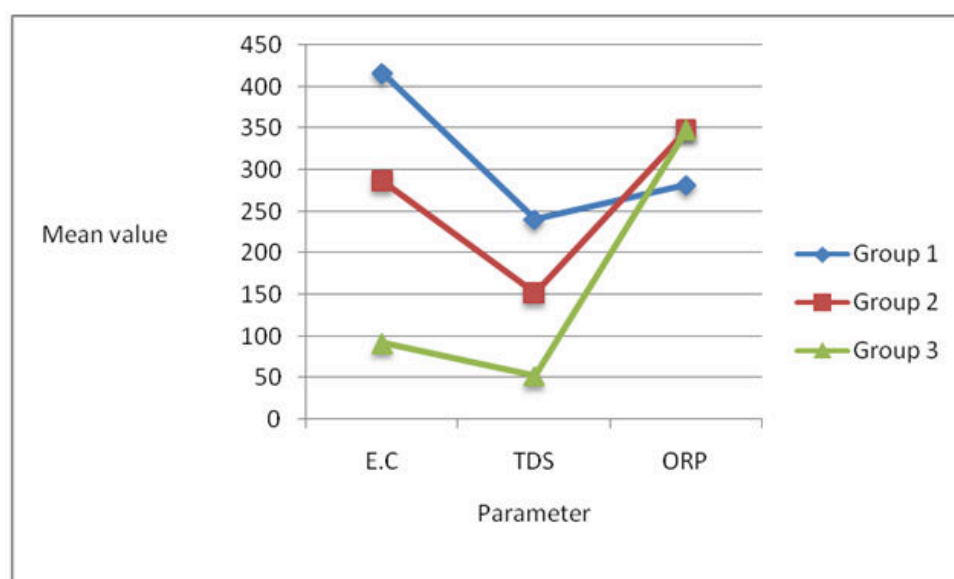


Fig. 6. Distribution of mean value of E.C, TDS and ORP in the three clusters (rainy season)

In dry season, the dendrogram presents four groups of groundwater samples (**fig. 7**). The parameters that discriminate the four groups of groundwater samples are major ions Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} (**fig. 8**) which translate the mineralization of water by the EC and TDS parameters and the hardness (TH) (**fig. 9**). This mineralization is in the order: group 1 > group 2 > group 3 > group 4. Water hardness also discriminates the four groups of groundwater samples whose the predominance is in the order: group 1 > group 2 > group 4 > group 3 (**fig. 9**). The classification of these groups of groundwater according to the hardness makes it possible to observe that the water samples in group 1 have an average hardness greater than 200 mg/L of CaCO_3 , which classifies them as hard water.

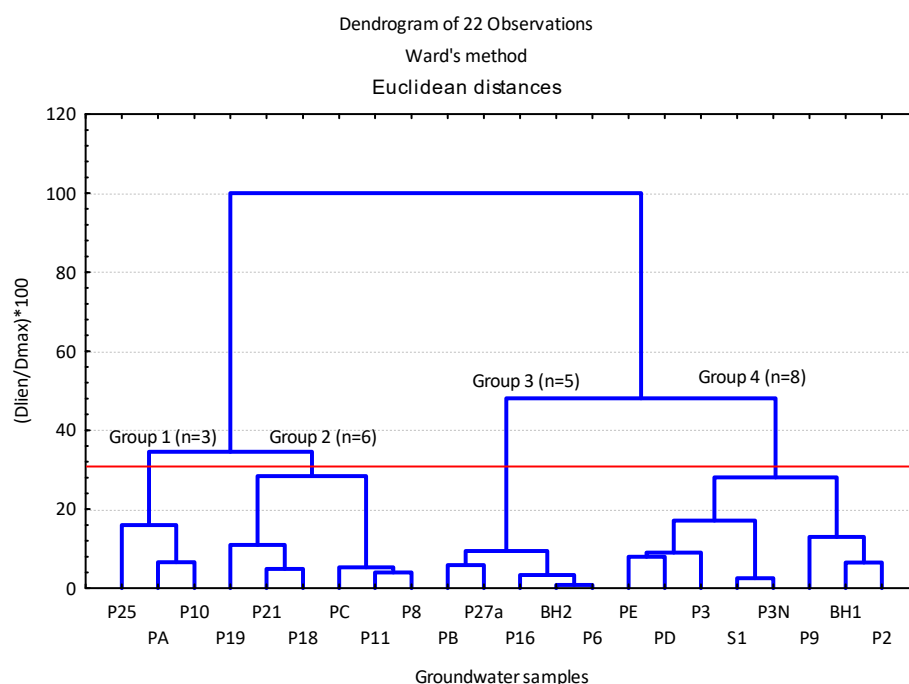


Fig. 7. Dendrogram of groundwater samples in dry season

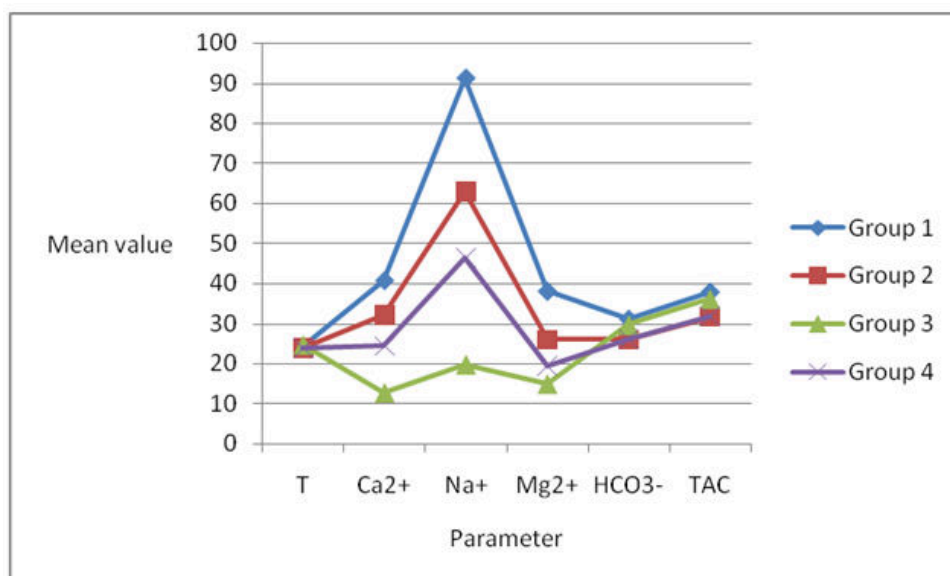


Fig. 8. Distribution of the mean value of T, Ca²⁺, Na⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻ and TAC in the four clusters (dry season)

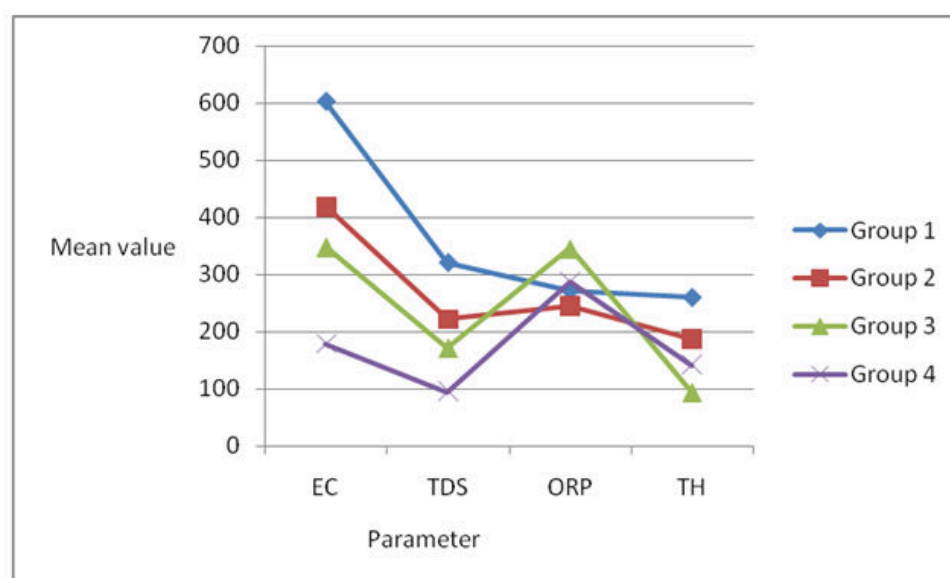


Fig. 9. Distribution of the mean value of EC, TDS, ORP and TH in the four clusters (dry season)

3.3 WATER TYPE

In the Schoeller diagram, taking into account the average composition of major ions, the facies of the groundwater samples in the different clusters are Na-HCO₃ and Na-Mg-HCO₃ in rainy season and dry season, respectively (figs. 10 and 11)

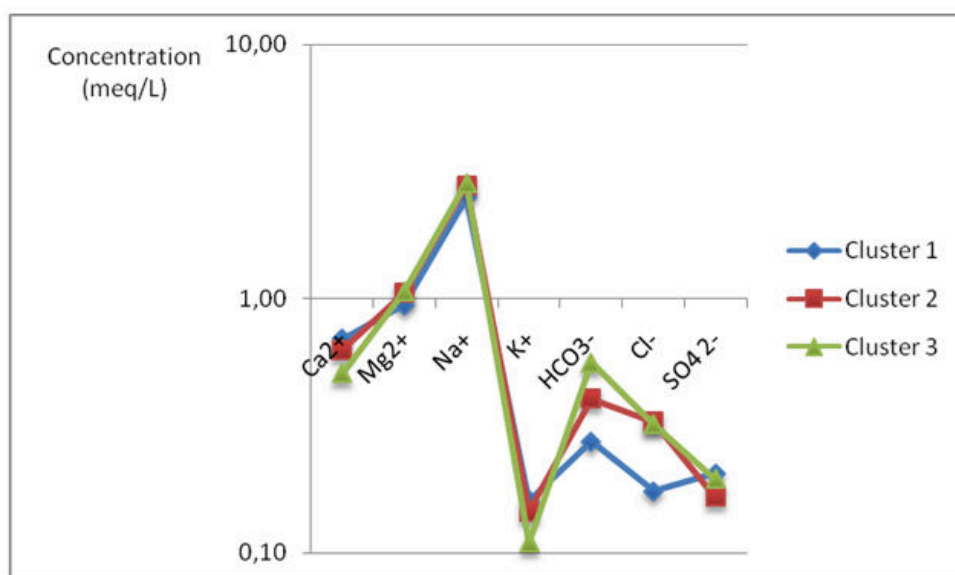


Fig. 10. Distribution of the average composition in major ions in the three clusters (rainy season)

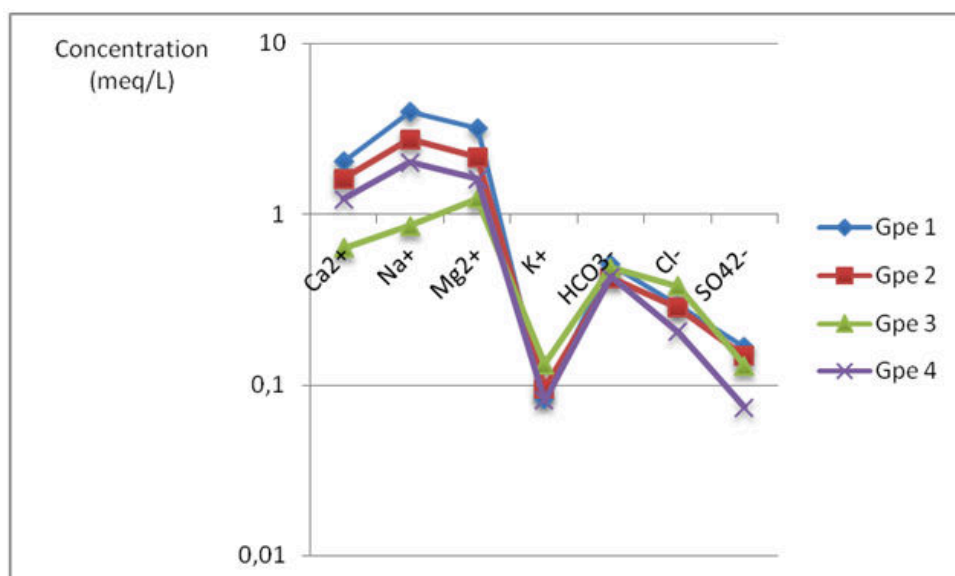


Fig. 11. Distribution of the average composition in major ions in the four clusters (dry season)

3.4 MODELING CHEMICAL SPECIATION OF IRON

The geochemical computer program Visual MINTEQ ver. 3.0 [12] was used to determinate the iron chemical species that may exist in the groundwater. This computer program has an extensive database of aqueous species for interpretation purposes. The input data take in account the parameters temperature, pH, and concentrations of Fe^{3+} , Fe^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , F^- and PO_4^{3-} .

In rainy season according the computations, Fe (II) was mainly present as: Fe^{2+} and FeSO_4 (aq) constituting 96.04% and 3.94%, respectively of the species. FeCl^+ and FeF^- were present as traces (fig. 12). Under the pH range of 5 to 8, the predominant dissolved form of iron Fe(II) was observed in other studies as Fe^{2+} [30]. The predominant forms of Fe (III) with their percentage distribution were FeF^{2+} (40.89%), FeSO_4^+ (36.49%), Fe^{3+} (15.21%) and FeF_2^+ (7.15%). The forms FeF_3 (aq), FeCl^+ and $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2^-$ were present with a percentage distribution less than 1% (fig. 13). Minor amounts of fluoride complexes were observed with trace constituents as iron in natural waters [31]. In water, fluoride acts as a strong anion and forms some soluble complexes with ferric ion (Fe^{3+}) and pH is a dependant parameter in the formation of these soluble complexes [32].

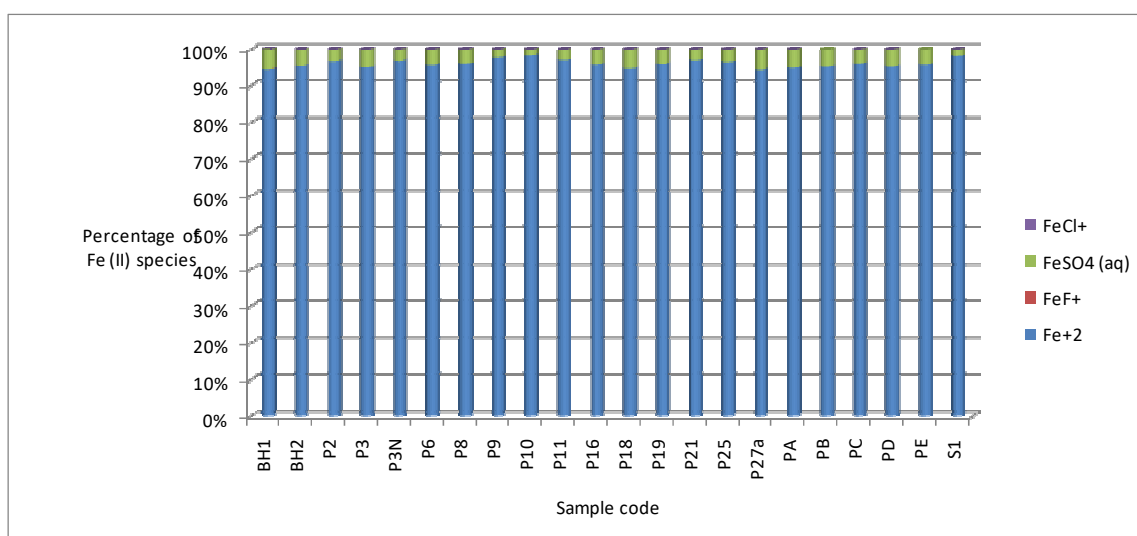


Fig. 12. Distribution of major Fe(II) species (rainy season)

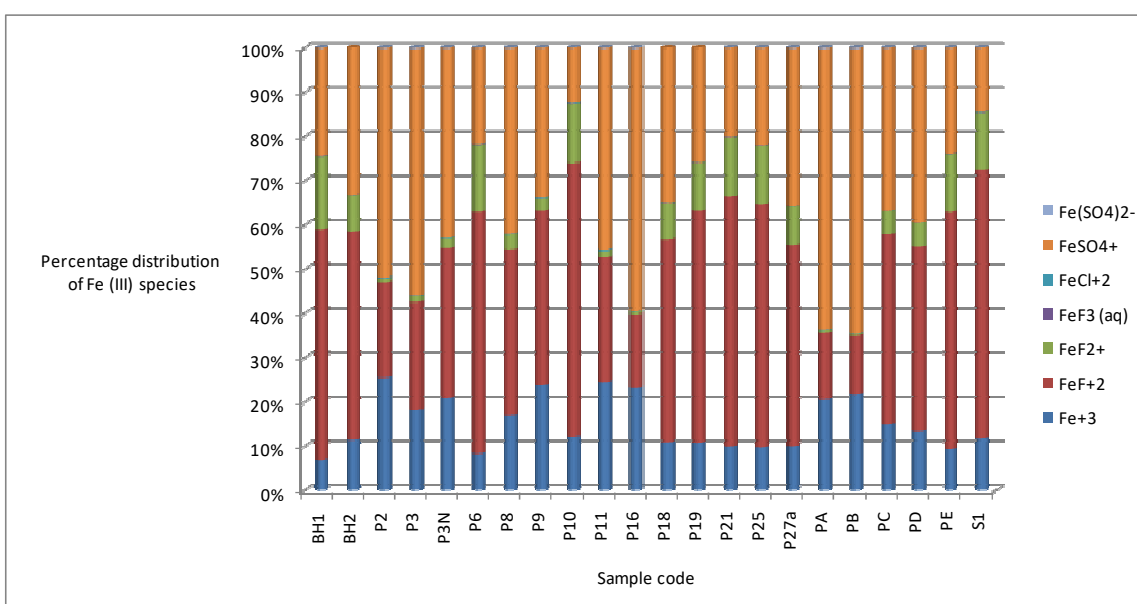


Fig. 13. Distribution of major Fe(III) species (rainy season)

In dry season, the majority of Fe(II) occurs as Fe^{2+} (98.47%), followed by melanterite $\text{FeSO}_4(\text{aq})$ or $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (1.21%). The following forms: FeCl^+ , FeF^+ , FeOH^+ , $\text{FeHPO}_4(\text{aq})$ and $\text{FeH}_2\text{PO}_4^+$ were present at trace levels in all the groundwater samples (**fig. 14**). The predominant species of Fe(III) were $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ (83.35%), FeOH^{2+} (11.86%) and FeHPO_4^+ (3.58%). Other forms such as $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{aq})$, FeF^{2+} , $(\text{FeF}_2)^+$, $\text{FeF}_3(\text{aq})$, FeCl^{2+} , FeSO_4^+ , $\text{FeH}_2\text{PO}_4^{2+}$, FeCrO_4^+ et $\text{Fe}(\text{OH})_4^-$ occur at trace concentration (**fig. 15**). Thus Fe^{2+} is the most soluble and bioavailable form of Fe(II) in the pH range observed during both seasons. Majority of the Fe(III) species (95.21%) was found as hydroxo complexes.

Some studies have shown the predominance of ferrous ion and melanterite ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) in the calculation of chemical speciation of iron in groundwater [33], [34], [35], [36].

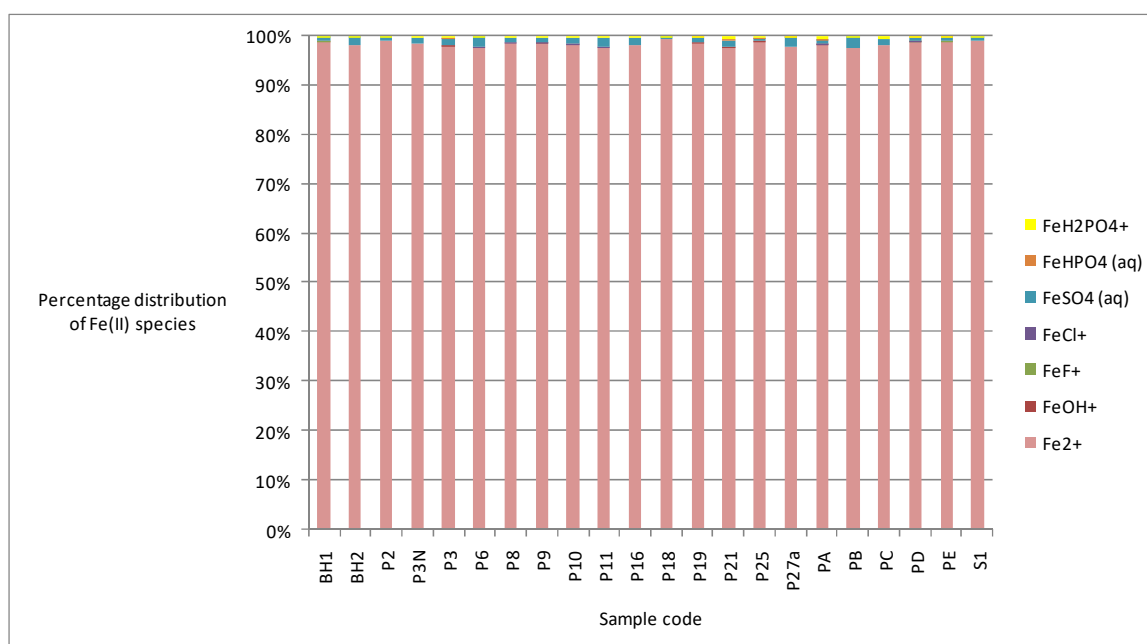


Fig. 14. Distribution of major Fe(II) species (dry season)

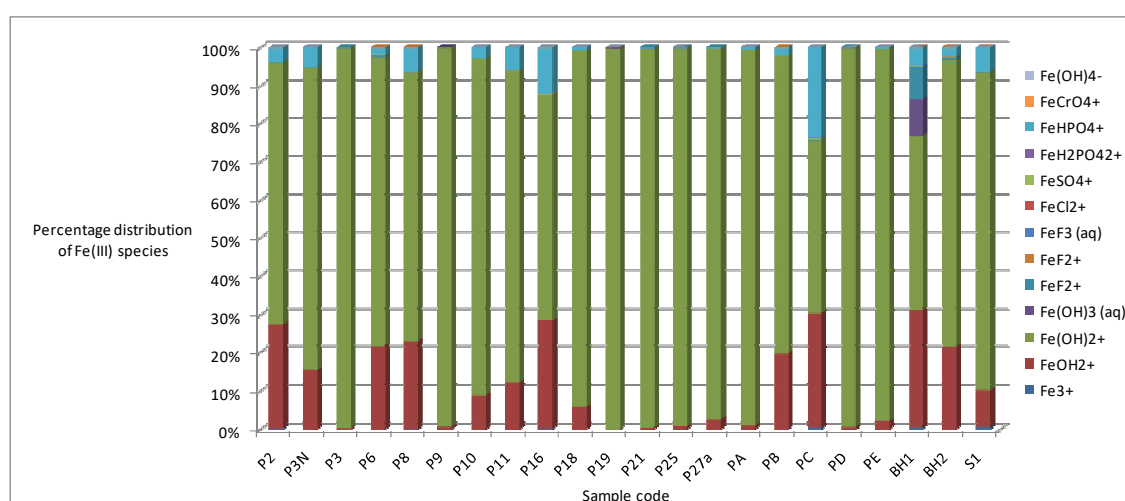


Fig. 15. Distribution of major Fe(III) species (dry season)

4 CONCLUSION

The hydrochemical analysis of the groundwater in the study area reveals that the groundwater is soft, more or less acidic tending towards neutrality in certain water points. The oxidizing conditions prevail in the groundwater during both seasons. Cluster analysis has highlighted the discriminant parameters among the groundwater sample groups, namely alkalinity, NH_4^+ that reflect a decomposition of organic matter, fluoride and total iron in the rainy season. In dry season, the discriminant parameters between groups of groundwater samples were EC and TDS, which reflect mineralization, ORP and total hardness. Calculating the chemical speciation of iron in the groundwater samples using the Vminteq program indicate that the forms Fe^{2+} following by $\text{FeSO}_4(\text{aq})$ are predominant for Fe(II) in both seasons. The majority of Fe^{3+} ions in the groundwater samples is in complexed form. Fluoride complexes and the hydroxo complexes of Fe(III) occur mostly in the rainy season and are predominant in the dry season for Fe(III).

REFERENCES

- [1] V. Satish Kumar, B. Amarander, Ratnakar Dhakate, S. Sankara, K. Raj Kumar, " Assessment of groundwater quality for drinking and irrigation use in shallow hard rock aquifer of Pudunagaram, Palakkad District Kerala," *Applied Water Science*, vol. 6, pp. 149-167, 2016.
- [2] K. El oumlouki, R. Moussadek, A. Zouahri, H. Dakak, M. Chati, M. El amrani, " Étude de la qualité physico-chimique des eaux et des sols de la région Souss Massa, (Cas de périmètre Issen), Maroc," *Journal of Materials & Environmental Science*, vol. 5, no. S2. pp. 2365-2374, 2014.
- [3] J. J. Musa, J. J. Ahanonu, " Quality Assessment of Shallow Groundwater in Some Selected Agrarian Communities in Patigi Local Government Area, Nigeria," *International Journal of Basic and Applied Science*, vol. 1, no. 3, pp. 548-563, 2013.
- [4] Y. Gao, G. Yu, C. Luo, P. Zhou, " Groundwater Nitrogen Pollution and Assessment of Its Health Risks: A Case Study of a Typical Village in Rural-Urban Continuum, China," *PLoS One*, vol. 7, no. 4, pp. 1–8, 2012.
- [5] Muhammad Shoaib, M. Javaid Asad, Sajid Aziz, Muhammad Usman, Abdur Rehman, Muhammad Mobeen Zafar and Muhammad Ilyas, " Prevalence of Pathogenic Microorganisms in Drinking Water of Rawalpindi and Islamabad," *World Journal of Fish and Marine Sciences*, vol. 8, no. 1, pp. 14-21, 2016.
- [6] WHO, Guidelines for drinking water quality, Recommendations, World Health Organization, 1984.
- [7] E. S. Gurzau, C. Neagu and A. E. Gurzau, " Essential metals-case study on iron," *Ecotoxicology and . Environmental Safety*," vol. 6, no. 1, pp. 190-200, 2003.
- [8] M. Kumar Senthil and T. Rajkumar Jayavel, " Groundwater Quality Assessment in Lower Tamirabharani River Basin Tamil Nadu, India," *International Research Journal of Earth Sciences*, vol. 2, no. 10, pp. 8-15, 2014.
- [9] D. L. Parkhurst, C. A. J. Appelo, *User's guide to Phreeqc (version 2). A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations*. U.S. Geological Survey. Water-Resources Investigations Report 99-4259, 1999.
- [10] B. A. Butler, J. F. Ranville and P. E. Ross, " Observed And Modeled Seasonal Trends In Dissolved And Particulate Cu, Fe, Mn, And Zn In A Mining-Impacted Stream," *Water Research*, vol. 42, no. 12, pp. 3135–3145, 2008.
- [11] Gabriel Ike Obiefuna and Donatus Maduka Orzulike, " Chemical Speciation of Some metal ions in Groundwaters of Yola Area Using Geochemical Model," *Journal of Applied Sciences and Environ. Manage*, vol. 14, no. 2, pp. 65-70, 2010.
- [12] J. P. Gustafson, *Visual MINTEQ ver. 3.0.*, 2011. [Online] Available: <http://www2.lwr.kth.se/English/OurSoftware/vminteq> (February 10, 2018)
- [13] A. S. Ekwere and A. Edet, " Distribution and Chemical Speciation of Some Elements in the Ground Waters of Oban Area (South-Eastern Nigeria)," *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, vol. 4, no. 3, pp. 207-214, 2012.
- [14] I. U. Umoren and P. C. Onianwa, " Surface water quality status and chemical speciation of Qua Iboe River system, Niger-Delta, Nigeria," *Elixir Pollution*, vol. 47, pp. 9064-9073, 2012.
- [15] U. Benson Nsikak, U. Winifred Anake and O. Ifedolapo Olanrewaju, " Analytical Relevance of Trace Metal Speciation in Environmental and Biophysicochemical Systems," *American Journal of Analytical Chemistry*, vol. 4, pp. 633-641, 2013.
- [16] G. O. Adewuyi and M. T. Osobamiro, " Chemical Speciation and Potential Mobility of Some Toxic Metals in Tropical Agricultural Soil," *Research Journal of Environmental Toxicology*, vol. 10, pp. 159-165, 2016.
- [17] World Health Organization, *Guidelines for drinking-water quality : incorporating 1st and 2nd addenda, Vol. 1, recommendations*, 3rd ed. World Health Organization, 2008.
- [18] APHA, AWWA, WEF, *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 19th ed. Washington, 1995.
- [19] N. A. Al-Odaini, M. P. Zakaria, M. A. Zali, H. Juahir, M. I. Yaziz and S. Surif, " Application of chemometrics in understanding the spatial distribution of human pharmaceuticals in surface water," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 184, no. 11, pp. 6735-6748, 2012.
- [20] L. Yang, X. U. Linyu and L. Shun, " Water Quality Analysis of the Songhua River Basin Using Multivariate Techniques," *Journal of Water Resource and Protection*, vol. 1, no. 2, pp. 110-121, 2009.
- [21] E. G. Farmaki, N. S. Thomaidis, V. Simeonov and C. E. Efstathiou, " A comparative chemometric study for water quality expertise of the Athenian water reservoirs," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 184, no. 12, pp. 7635-7652, 2012.
- [22] A. Z. Aris, S. M. Praveena, N. M. Isa, W. Y. Lim, H. Juahir, M. K. Yusoff and A. Mustapha, " Application of environmetric methods to surface water quality assessment of Langkawi Geopark (Malaysia)," *Environmental Forensics*, vol. 14, no. 3, pp. 230–239, 2013.
- [23] S. Pati, M. K. Dash, C. K. Mukherjee, B. Dash and S. Pokhrel, *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 186, no. 10, pp. 6385-6402, 2014.
- [24] S. Tepavitcharova, T. Todorov, M. Dassenakis and V. Paraskevopoulou, " Chemical speciation in waters influenced by lead-zinc metallurgical industry," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 169, no. 1-4, pp. 27-36, 2010.

- [25] Egon Campos Dos Santos, Juliana Cecelia de Mendonca Silva and Hélio Anderson Duarte, " Pyrite Oxidation Mechanism by Oxygen in Aqueous Medium," *Journal of Physical Chemistry C*, vol. 120, pp. 2760–2768, 2016.
- [26] R. A. Freeze, J. A. Cherry, *Groundwater*, 2nd Ed. Prentice Hall Inc., Englewood, NJ., USA., 1979.
- [27] K. Ramesh, L. Elango, " Drinking water quality and chronic kidney disease of unknown etiology (CKDu): synergic effects of fluoride, cadmium and hardness of water," *International Journal of Environment and Pollution*, vol. 26, no. 6, pp. 497-504, 2006.
- [28] WHO, *Guideline for Drinking Water Quality*. 4th Ed. Geneva: World Health Organization, 2011.
- [29] G. Buyuk, J. Ryan, H. Ibrikci, K. Takashi, N. Güzel and E. Akca, " Extractable potassium and its relation to clays of Mesaoria plain soils, Cyprus," *INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURE & BIOLOGY*, vol. 12, pp. 435–438, 2010.
- [30] I.M.I. Nagwa, " The Relations Between Concentration of Iron and the pH Ground Water (Case Study Zulfi Ground Water)," *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, vol. 4, no. 6, pp. 140-145, .2016.
- [31] M. Edmunds and P. Smedley, *Fluoride in Natural Waters Occurrence, Controls and Health Aspects*, In: O. Selinus, B. Alloway, J. A. Centeno, R. B. Finkelman, R. Fuge, U. Lindh and O. Smedley (Eds.), *Essentials of Medical Geology*, Elsevier, Amsterdam: Academic Press, pp. 301-329, 2005.
- [32] A. Criaud and C. Fouillac, " Etude des eaux thermominérales carbogazeuses du Massif Central Français. I. Potentiel d'oxydo-réduction et comportement du fer," *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 50, no. 4, pp. 525-533, 1986.
- [33] J. Majzlan, C. B. Satish Mynemi, " Speciation of iron and sulfate in acid waters: Aqueous clusters to mineral precipitates," *Environmental Science & Technology*, vol. 39, pp. 188-194, 2005.
- [34] G. Christopher Hubbard, Stuart Black, L. Max Coleman, " Aqueous geochemistry and oxygen isotope compositions of acid mine drainage from the Río Tinto, SW Spain, highlight inconsistencies in current models," *Chemical Geology*. Vol. 265, nos. 3-4, pp. 321–334, 2009.
- [35] A.E. Edet, B.J. Merkel, O.E. Offiong, " Contamination risk assessment of fresh groundwater using the distribution and chemical speciation of some potentially toxic elements in Calabar (southern Nigeria)," *Environmental Geology*, vol. 45, pp. 1025–1035, 2004.
- [36] R. B. Jr. Herbert, " Seasonal variations in the composition of mine drainage-contaminated groundwater in Dalarna, Sweden," *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 90, no. 3, pp. 197-214, 2006.

EVALUATION AGRONOMIQUE DES VARIETES BIOFORTIFIEES DU HARICOT COMMUN (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) EN ESSAIS COMPARATIFS D'ADAPTATION : CAS DES VARIETES GRIMPANTES « NUTRITIONALLY ENHANCED CLIMBING BEANS (NUV) »

[AGRONOMIC EVALUATION OF COMMON BIOFORTIFIED BEAN VARIETIES (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) IN COMPARATIVE ADAPTATION TRIALS : CLIMBING VARIETIES CASE « NUTRITIONALLY ENHANCED CLIMBING BEANS (NUV) »]

C. Mirindi¹, N. Mbikayi¹, R. Kijana¹, N. Rudahaba¹, M. Civava^{1,2}, K. Lubobo³, C. Koleramungu¹, B. Muluku¹, C. Irengé¹,
and E. Mongana¹

¹Mulungu Research Station, Institut National d'Etude et de Recherche Agronomiques, INERA, Bukavu, Sud Kivu, RD Congo

²Université Evangélique en Afrique (UEA), RD Congo

³Harvestplus / CIAT, Kalambo, Bukavu, Sud-kivu, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The study unrolled in South Kivu province situated in the East of DRC, in the North part of Kabare territory, respectively on-farm PABU/Katana and on-station INERA/Mulungu. This study aims to identify among the performing varieties the ones which better fit and which have the high potentially seeds yields and stables in these sites. The comparative adaptation trials have been lead according to the layout in randomized completed block design with three replications and the results analysis was done by using software Statistix 8 and Genstat. The results (at 0.05) show that eight varieties got global medium yields significantly over the check VCB81013 (1454kg/ha) in the two sites during the four farming seasons 2015-16AB. It concerns the varieties NUV234-3-1(1932,5 kg/ha), NUV108-3-1(1764,5), NUV108-3-2 (1578,5), NUV119-3 (1506), NUV234-3-2 (1719,5), NUV15-1 (1711), NUV15-2 (1620) and NUV131-1 (1598,5). These varieties have given the best yields exceeding 1500kg/ha with 132,8 à 103,5% upper to the check. As regards to varieties sensibility, the results of the global statistical analysis showed a resistant reaction of the majority of all varieties to the main diseases (1 to 3), at the standard scale of diseases evaluation (1 to 9) regard to CIAT.

KEYWORDS: Biofortified varieties, adaptation, yield, stability, sensibility.

RESUME: L'étude s'est déroulée dans la province du Sud-Kivu à l'Est de la R.D. Congo, dans la partie nord du territoire de Kabare, respectivement à PABU/Katana et en station de l'INERA-Mulungu. L'objectif était d'identifier parmi les nouvelles variétés biofortifiées, celles qui s'adaptent mieux et qui ont des rendements en graines potentiellement élevés et stables dans ces sites. Les essais comparatifs d'adaptation ont été conduits suivant le dispositif des blocs aléatoires complets et l'analyse des résultats a été faite à l'aide du logiciel Statistix 8 et Genstat. Les résultats (à 0.05) montrent que huit variétés ont eu des rendements moyens globaux significativement supérieurs à celui du témoin VCB81013 (1454kg/ha) dans les deux sites pendant quatre saisons culturales 2015AB et 2016AB. Ce sont les variétés NUV234-3-1(1932,5kg/ha), NUV108-3-1(1764,5), NUV108-3-2 (1578,5), NUV119-3 (1506), NUV234-3-2 (1719,5), NUV15-1 (1711), NUV15-2 (1620) et NUV131-1 (1598,5). Ces variétés ont donné de meilleurs rendements dépassant 1500kg/ha, soit 132,8 à 103,5% supérieur au témoin.

Quant à la sensibilité des variétés, les résultats de l'analyse statistique globale ont montré la résistance de la majorité de ces variétés aux principales maladies (1 à 3), par rapport à l'échelle standard d'évaluation des maladies (1 à 9) du CIAT.

MOTS-CLEFS: Variétés biofortifiées, adaptation, rendement, stabilité, sensibilité.

1 INTRODUCTION

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) est le plus important légume directement consommé, spécialement dans les pays sous-développés de l'Afrique (Burundi, RD Congo, Rwanda, Uganda) et de l'Amérique latine (Guatemala, Nicaragua et El Salvador). Ses feuilles sont parfois consommées, par exemple en Amérique centrale ou en Afrique, comme aliment de disette [7],[5].

En 2010, la production totale mondiale de haricot sec était de 23 millions de tonnes, produits sur 30 millions d'hectares [26]. En 2014, la RD Congo avait la production de 130,000 tonnes [27].

Les petits exploitants africains cultivent chaque année plus de quatre millions d'hectares de haricots, source d'alimentation pour plus de 100 millions d'africains [6]

Ce faible rendement du haricot commun est dû d'une part, aux contraintes biotiques et abiotiques de production auxquelles il est très sensible et d'autre part, à l'absence de variétés résistantes ou tolérantes à ces contraintes au sein du pool génique primaire [12]. Bien davantage, plus de 200 agents pathogènes (fongiques, bactériens et viraux) sont connus chez le haricot et certains d'entre eux causent des pertes économiques considérables [11]. Les sols pauvres, les températures et humidités relatives trop élevées, la sécheresse ; ainsi que le changement climatique favorisent le développement de ces agents pathogènes et contribuent aussi à réduire les rendements du haricot [13],[31].

Dans le sud-kivu tout comme en Afrique, les haricots sont principalement cultivés par les femmes [6]. Raison pour laquelle dans la province du sud-kivu, le nombre de pratiquants des haricots volubiles augmente rapidement les deux premières années et stagne quelque peu les années suivantes [15].

Dans les zones agricoles du Nord et du Sud Kivu, à l'instar de toutes les régions agricoles des Pays des Grands Lacs, diverses variétés de haricot sont généralement cultivées au rythme de deux récoltes par an, chaque variété (ou mélange de variétés) étant adaptée aux conditions agro-écologiques (sols, ravageurs et maladies) et climatiques locales [8].

La croissance de la production agricole (1,4% par an entre 2007 et 2012 selon l'IFPRI) est plus faible que la croissance de la population (2,4% par an), ce qui place la RD Congo dans une situation précaire. 77% de la population congolaise vit sous le seuil de pauvreté (1,90\$ par jour) et près de 70% des ménages se trouvent en insécurité alimentaire [1]. En RDC, une forme sévère de malnutrition dite chronique sévit parmi les enfants de moins de cinq ans, plus d'un tiers (38%) accusent un retard de croissance. De même, la malnutrition touche 17% des mères d'enfants de moins de cinq ans non enceintes [22]. Au sud-kivu, le taux de malnutrition aiguë globale est de 96,2% chez les hommes et 72,5 chez les femmes. Tandis que le taux de malnutrition aiguë sévère est de 33,8% chez les hommes et 29,4 chez les femmes [25]. La vitamine A, le fer et le zinc sont parmi les trois micronutriments largement reconnus par l'organisation mondiale de la santé comme problème de santé publique. La déficience anémique en fer affecte globalement plus de 2 milliards de peuple, et la prévalence en Afrique sub-saharienne reste toujours plus élevée, avec plus de risque chez les femmes enceintes et les jeunes enfants à l'âge préscolaire [10], [21]. Selon HarvestPlus, en RD Congo, la déficience est de 71% des enfants de moins de 5 ans et 53% des femmes ; et en vitamine A, elle est de 61% des enfants de moins de 5 ans [9]. Dans le corps humain, le fer est essentiel pour la prévention de l'anémie et pour le fonctionnement convenable de beaucoup de processus métaboliques ; tandis que le zinc est essentiel pour une croissance adéquate, une maturité sexuelle, une résistance gastro-entérique (maladies diarrhéiques) et des infections respiratoires, spécialement chez les enfants [4], [9]. Ainsi, les principaux symptômes de la déficience en Zn incluent les complications de la grossesse, le faible poids à la naissance maternelle, la mortalité infantile, la réduction de croissance à l'enfance [23]

Le haricot constitue la principale légumineuse alimentaire de plus de 300 millions de personnes en Amérique latine et en Afrique Centrale et de l'Est [7]. Cependant, l'Afrique de l'Est détient le record mondial de consommation de haricots par personne, celle-ci s'élevant à environ 50 à 60kg par an [6].

Sa culture revêt une très grande importance dans la production alimentaire dans les provinces du Sud et Nord-Kivu à l'Est de la RD Congo. En termes de nutrition, les haricots constituent 65% de l'apport protéique dans l'alimentation humaine et 32% des calories. Il apporte également du fer, du zinc, des fibres et des carbohydrates lents ; ainsi que des vitamines [8],[14]. Ils sont souvent appelés la "viande de pauvres", car ils constituent la source rapide à accès facile et à moindre coût de ces nutriments par la couche la plus pauvre de la population [14].

Dans le genre *Phaseolus*, le haricot commun (*P. vulgaris* L.) est l'espèce économiquement la plus importante avec plus de 90 % de la production mondiale [7]. Il représente une source de revenus notables [30] et de plus en plus importante en faveur des foyers ruraux, les ventes annuelles africaines s'élevant à plus de 580 millions de dollars en 2005 [6]. Dans l'Est de la RD Congo, le revenu que les exploitants tirent du haricot a été multiplié par cinq entre 1985 et 2005. L'augmentation des revenus résulte non seulement de la vente d'un plus grand volume de haricots pour la consommation, mais également de la vente des semences qui est devenue une activité rentable dans plusieurs pays [6].

Le haricot commun peut significativement contribuer à la réduction de la malnutrition en micronutriments en Afrique ; non seulement parce qu'il est un constituant régulier dans le régime et culturellement acceptable, mais aussi parce qu'il est l'une de plus riches sources de trois nutriments qui sont communément les plus déficitaires: Fe, Zn and protéine. Le développement de variétés riches en micronutriments est un composant clé de stratégies intégrées pour combattre la carence en micronutriments répandue en Afrique et dans d'autres parties des pays en voie de développement [21].

La présente étude est une contribution à la recherche de caractéristiques agronomiques de variétés biofortifiées de haricots introduites "Nutritionally enhanced climbing beans (NUV)", critères ayant servi à les sélectionner dans les conditions agro-écologiques du territoire de Kabare en province du sud-kivu à l'Est de la RDC.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU EXPERIMENTAL

2.1.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE DES SITES D'ESSAIS

Les essais ont été conduits dans deux sites localisés dans le territoire de Kabare dans la province du Sud-Kivu, à l'Est de la République Démocratique Congo. Il s'agit des sites de Mulungu (Centre de Recherche de l'Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques/INERA dont les coordonnées GPS sont: 02°20' 118" latitude Sud, 028°47'483" longitude Est, Altitude 1679 m) et de Plantation Agricole de Buhengere (PABU), plateforme des agriculteurs de Katana (02°19'907" latitude Sud, 028°46'540" longitude Est et 1555m d'altitude). Ces essais ont été réalisés pendant quatre saisons culturales à savoir 2015A, 2015B, 2016A et 2016B.

Le relief du Sud-kivu est constitué de montagnes et de chaînes de Mitumba. La montagne la plus importante est le sommet de Kahuzi-Biega avec 3340m d'altitude [16]. Le climat du Sud-kivu a neuf mois de pluie et trois mois de sécheresse ; il s'agit d'un climat tropical humide [17]. Le Sud-Kivu jouit d'une température moyenne annuelle comprise entre 16 et 20°C. Le régime pluviométrique est bimodal. Il permet ainsi deux saisons culturales : la première saison (A) s'étale de mi-septembre à décembre et la deuxième (B) de mi-mars à mi-juin, suivi d'une courte saison sèche dite "C" caractérisée par la culture dans les vallées (Cikuli, en langue locale shi) après drainage des marais [18]. Les sols de Mulungu sont argileux, avec des horizons humifères [19]. Souvent épais lorsque l'érosion est faible ou absente. Ils sont bien pourvus en matière organique et la teneur en azote total est élevée. Le phosphore assimilable et le potassium sont élevés. Ils ne sont pas acides. Ils ont donc un très bon potentiel de production, mais l'azote devient limitant avec une exploitation continue. Tandis qu'à PABU-Katana, les sols sont acides... Le tableau 1 résume les caractéristiques des sols de terrains expérimentaux.

Tableau 1. Propriétés des sols de Mulungu_Tshirumbi et Plantation Buhengere (PABU)

Sites	Ph		Matière organique			P ass. ¹ (ppm)	Complexe d'échange (méq/100g)						%Al sat.
	Eau	KCl	C (%)	N (%)	C/N		Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Mulungu Tshirumbi	6,30	5,41	6,0	0,62	9,7	100	22,1	2,5	1,2	0,2	-	-	-
Buhengere Katana(PABU)	5,28	4,46	1,93	0,23	8,4	1,92	4,0	2,5	0,0	-	1,2	0,2	-

¹ P ass. Phosphore assimilable selon Bray No 1
Phosphore 165mg/kg, carbone 11.4%, N 0.2%

2.1.2 DONNÉES CLIMATOLOGIQUES

A l'INERA-Mulungu, pendant les quatre saisons culturales (2015-2016AB), les pluviométries sont inférieures à la moyenne calculée sur 20 ans, qui est de 1572,5mm [17]. Tandis qu'à PABU, elles dépassent cette moyenne. La moyenne de températures calculée sur 20 ans est de 19,1°C. Dans les deux sites, les tendances sont que les minima et maxima moyens se rapprochent de cette moyenne calculée sur 20 ans. Ces tranches de pluies et de températures enregistrées pendant les quatre saisons culturales, dans les deux sites, sont favorables à la croissance végétative du haricot – d'autant plus que la plupart des haricots communs croissent dans un spectre étroit de températures entre 20-22,5°C et nécessitent des pluies modérées, bien distribuées au cours du cycle végétatif (300-400 mm d'eau) ; mais une période sèche est préférable au moment de la récolte[2].

Tableau 2. Données climatologiques des sites durant les 4 saisons culturales de 2 ans

SITE	SC	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
STATION	2015 AB	P(mm)	108	135,2	186,1	196	24,9	71,5	1	0	97,7	328,8	281,9	-	1431,1
		T°C	20,8	22,4	17,7	20	20,3	19,5	20,9	21,4	21,6	20,6	19,9	-	
	2016 AB	P(mm)	248,7	152,9	271,1	166,9	64,4	2,7	29,2	37,2	119,3	156,6	184,9	110,5	1544,4
		T°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PABU/Kat	2015 AB	P(mm)	121,7	106,1	206,2	245,7	55,7	110	0,5	18,4	124,8	275,3	186,6	280,4	1731,9
		T°C	19,8	20,2	20	19,8	20,1	19,4	20	21,2	21	20,6	19,8	20,6	
	2016 AB	P(mm)	150,9	133,9	140,1	272,8	83,2	14,5	68	27,1	159,2	218	211,8	145	1624,5
		T°C	20,6	21,1	21,6	20,9	20,5	19,3	19,8	20,3	20,4	20,1	18,6	19,1	

SC=Saison culturale, P(mm)= Précipitation en millimètre, T°C= Température en degré Celsius

Source : services de climatologie de l'INERA-Mulungu et du CRSN-Lwiro

2.2 MATERIEL VEGETAL ÉVALUÉ

Depuis février 2009, un lot de 41 lignées NUV provenant du CIAT était introduit dans la station de l'INERA-MULUNGU, Est de la RDCongo. Ces variétés étaient au stade F2 et ont poursuivi leur évaluation en sélection généalogique et variétale dans le Programme National Légumineuses (PNL) de la station. Etant donné que plusieurs cas de ségrégation étaient observés pendant les étapes de sélection, on avait procédé à prélever une gousse sur chaque plante par la méthode de sélection par descendance monofruit (single pod descent) dont les graines étaient ensuite semées, ce qui avait entraîné une longue durée de stabilisation de ces matériels. Et c'est pour cette raison que les variétés portent les dénominations de NUV (n-1, 2, 3, 4...).

Ainsi, 14 lignées (tableau 3) se sont avérées stables et ont été évaluées en essais d'adaptation pendant quatre saisons (2015A, 2015B, 2016A et 2016B) dans les deux sites décrits ci-haut.

Les dates de semis suivant l'altitude et les saisons sont déterminées par les conditions de température et de pluviométrie favorables à la plante. Les dates favorables identifiées par HarvestPlus en Territoire de Kabare sont entre autres 10-30 septembre en première saison et du 15 février au 15 mars en deuxième saison [24].

Les auteurs [3] avaient testé à rubona (Rwanda) en essais GxE la performance minérale des semences de variétés de la même série (NUV195, 149-2, 141, 177, 152 et 219-2) et avaient trouvé que les concentrations en fer variaient entre 51,17 à 60,17ppm et le zinc entre 30,25 à 35,25ppm. Ils ont également trouvé que la capacité d'accumulation de la haute teneur de fer et zinc dans la graine est différente d'un génotype à l'autre, de l'environnement et des interactions génotype-environnement ; et que les variétés volubiles de haricot peuvent bien accumuler plus de fer et zinc dans les graines que les naines, même si la taille de la plante n'a pas d'effet sur l'accumulation de ces minéraux.

Tableau 3. Caractéristiques de variétés grimpantes évaluées

VARIETES	TYPE DE CROISSANCE	TAILLE GRAINE	POIDS DE 100GR(g)	COULEUR GRAINE	JOURS MATURITE	FER (ppm)	ZINC (ppm)
NUV15-1	IVa	Moyenne	27	Yellow(Jaune)	98	58,7	22
NUV15-2	IVa	Petite	23	Red (rouge)	98	54,5	23,7
NUV105-1	IVa	Moyenne	28	Pink(Rose)	103	48,8	21,8
NUV108-3-1	IVa	Moyenne	29	Pink(Rose)	103	19	47,5
NUV108-3-2	IVa	Moyenne	31	Red (rouge)	103	59,1	26,4
NUV119-1	IVa	Petite	22	Red (rouge)	98	59	23,4
NUV119-3	IVa	Moyenne	29	Red (rouge)	98	64,4	26,8
NUV119-4	IVa	Moyenne	30	Red (rouge)	98	57	26,8
NUV131-1	IVa	Petite	24	Red (rouge)	98	48,8	19,2
NUV131-2	IVa	Moyenne	29	Yellow(Jaune)	98	54	22,8
NUV160-2	IVa	Grande	41	Pink(Rose)	98	71,5	23,4
NUV216-2	IVa	Petite	23	Red (rouge)	98	58,8	23,2
NUV234-3-1	IVb	Moyenne	27	Pink(Rose)	98	62	21,8
NUV234-3-2	IVb	Moyenne	25	Red (rouge)	98	54,8	21,8
VCB81013(T)	IVa	Moyenne	26	White(Blanche)	98	62,1	26,7

Caractérisation PNL/INERA-MULUNGU, Sud-kivu, RDC et Analyse minérale au laboratoire de CIAT/HarvestPlus kalambo, bukavu, Sud-kivu, 2015.



Fig. 1. PHOTOS DE QUINZE VARIETES EVALUEES DANS L'ESSAI COMPARATIF D'ADAPTATION 2015-2016

Photos : Ir Mirindi Cirhuza Télésphore(2017)

2.3 METHODES

2.3.1 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET CONDUITE DES ESSAIS

Les essais comparatifs d'adaptation ont été expérimentés en station et dans le milieu paysan pendant quatre saisons culturales (2015-2016AB). Le dispositif de blocs aléatoires complets à 3 répétitions était utilisé. La variété, comme facteur étudié, a été adoptée pour l'installation de ces essais variétaux. La parcelle élémentaire était de 3m x 1.5m, soit 4,5 m².

Pour l'homogénéité des essais et du matériel utilisé, tous les protocoles et toutes les semences étaient préparés au centre de recherche de l'INERA-Mulungu. L'installation et le suivi des essais étaient exécutés par l'équipe scientifique et technique dudit centre de recherche. Par contre, les entretiens étaient réalisés par l'équipe ouvrière dans chaque site.

2.3.2 SUIVI DES ESSAIS ET COLLECTE DE DONNÉES

Trois visites par saison étaient effectuées dans le milieu réel pour observer les essais. Quelques paramètres tels que la levée, le type de croissance, le cycle végétatif, le rendement, les principales maladies dont la tache anguleuse, l'ascochytose, l'anthracnose et la rouille, etc., ont été pris en considération lors de l'évaluation des essais. La cotation de ces maladies était réalisée suivant l'échelle standard (1 à 9) mise en place par CIAT[29].

2.3.3 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

L'analyse statistique des données a été faite à l'aide du logiciel Statistix 8 et Genstat, sur base des rendements parcellaires extrapolés à l'hectare, pour comparer les rendements de différentes variétés par site et pendant les quatre saisons. Le modèle utilisé était l'analyse de la variance et, pour chaque analyse ; le coefficient de variation et la plus petite différence significative ont été considérés pour juger de la validité des essais et des résultats obtenus.

3 RESULTATS

Les résultats détaillés sur les rendements des essais par années et par sites ainsi que sur la réaction des variétés vis-à-vis de principales maladies sont repris dans les tableaux 4 et 5.

3.1 RENDEMENTS DES VARIÉTÉS

3.1.1 SYNTHÈSE GLOBALE DES RENDEMENTS

Les résultats de ces quatre saisons dans les deux sites montrent une différence significative entre les rendements de quelques variétés (12 en station et 3 à PABU), par rapport à celui du témoin VCB81013 ; elles ont donné des rendements supérieurs à 1500kg/ha au seuil de 5% de probabilité.

Tableau 4. Moyennes générales de rendements des variétés utilisées dans les deux sites d'essais pendant les 4 saisons culturales (2015-2016AB)

Sites	Variétés	Rendements (kg/ha) des variétés par saison				Moyennes générales
		2015A	2015B	2016A	2016B	
Mulungu station	NUV119-4	1796.7b-j	2325.3b-e	463l	2219.7a-c	2743.2*
	NUV234-3-1	1507.7c-l	2897.7ab	1509.7d-j	2345.7a-c	2065.2*
	NUV108-3-1	1484.3c-l	2682.3ab	1065.7g-l	2088.3b-d	1830.1*
	NUV108-3-2	1426.7d-l	2403.3a-d	1026.7h-l	2255.3a-c	1778*
	NUV119-3	1399e-l	2219b-g	1621.3c-i	2184.3bc	1856*
	NUV15-1	1367.7e-l	2317.7b-f	1176f-k	2679.7ab	1885.3*
	VCB81013(T)	1294.3e-l	2348.7a-e	1111.3f-l	1582.3de	1584.1*
	NUV15-2	1291.3e-l	2722ab	1336.3e-k	2653.3ab	2000.7*
	NUV131-1	1263f-l	2575.7abc	1461.7d-j	2361.7a-c	1915.5*
	NUV131-2	1192.3g-l	1739d-i	923i-l	2570a-c	1606*
	NUV234-3-2	1190h-l	2924.3ab	1586c-i	2790.7a	2122.7*
	NUV160-2	1106.7i-l	3117.7a	817j-l	1450.3 ^e	1623*
	NUV105-1	1071.3j-l	1534.3f-k	717.7kl	2033.7c-e	1339.2
	NUV216-2	913kl	1729d-i	694.7kl	1464 ^e	1200.2
	NUV119-1	734.7l	1568.7e-j	912.3i-l	1553.7de	1192.3
PABU/Katana	NUV234-3-1	2874.7a	1825.3c-h	2120a-d	381.7fg	1800.4*
	NUV108-3-1	2364.7ab	1457.3g-l	2443.3ab	531.3fg	1699.1*
	NUV234-3-2	2313.7abc	690.7lm	1577c-i	692.3f	1318.4
	NUV160-2	2261.3a-d	532m	2155.3a-d	91.3g	1260
	NUV108-3-2	2121a-e	1085h-m	1977.7a-e	334fg	1379.4
	NUV119-3	2090a-f	829.7j-m	1586c-i	117.3fg	1155.7
	NUV131-2	2088.7a-f	653m	2255.3abc	300.7fg	1324.4
	VCB81013(T)	2049a-f	1301h-m	1397e-k	551.3fg	1324.6
	NUV15-1	2035.7a-g	1003i-m	2556.7a	551.3fg	1536.7*
	NUV131-1	1978b-h	975.3i-m	1799.7b-f	369fg	1280.5
	NUV119-4	1932.3b-i	732lm	1643.3c-h	480.7fg	1197
	NUV105-1	1895.7b-j	758.3k-m	2267.3abc	375fg	1324
	NUV216-2	1807.7b-j	839.7j-m	1578.3c-i	301.7fg	1131.8
	NUV119-1	1583.3b-k	862.3j-m	1168.7f-l	312.3fg	981.6
	NUV15-2	1458.7d-l	1163h-m	1739.7b-g	595.7fg	1239.3
Lsd		845.1	790.3	712.2	593.4	
Cv(%)		31.1	29.1	29.3	28.5	

3.1.2 SYNTHÈSE GLOBALE DES RENDEMENTS

3.1.2.1 STABILITÉ DE PRODUCTION

L'analyse des rendements des variétés testées en essais pendant les 4 saisons successives ont démontré la stabilité de production de quelques variétés dans les deux sites

Les résultats, au seuil de 5% de probabilité, ont montré une différence significative entre les rendements moyens globaux de quelques variétés et celui du témoin VCB81013. D'autres variétés ont donné des rendements inférieurs par rapport au témoin.

La synthèse globale des résultats montre que :

En considérant de près les rendements moyens obtenus sur chaque site, on remarque qu'à PABU trois variétés seulement ont eu des rendements supérieurs à 1500kg/ha ; tandis qu'en station de Mulungu sont douze variétés. Et c'est en station, notamment avec son sol fertile, que les variétés ont donné de meilleurs rendements grâce auxquels les moyennes générales de rendements ont été améliorées pour les deux sites pendant les quatre saisons culturales. Certaines variétés ont des rendements soit faibles et stables, soit élevés mais instables en cours des saisons. Ainsi, tenant compte de la plasticité variétale, nous avons trouvé que quatre variétés (*) ont obtenu des rendements moyens globaux statistiquement élevés et stables. Ce sont: NUV234-3-1(1932,5kg/ha), NUV108-3-1(1764,5), NUV234-3-2 (1719,5) et NUV15-1(1711).

Regroupées par sites agricoles et après les quatre saisons culturales, huit variétés, au total, ont donné des moyennes globales de rendements statistiquement différentes et supérieures à celle du témoin VCB81013(1454kg/ha) : NUV234-3-1(1932,5kg/ha), NUV108-3-1(1764,5), NUV234-3-2 (1719,5), NUV15-1(1711), NUV108-3-2 (1578,5kg/ha), NUV119-3 (1506), NUV15-2 (1620) et NUV131-1 (1598,5). Toutefois, c'est la variété NUV234-3-1 qui a été de loin la plus supérieure en production, suivi de NUV108-3-1, dépassant respectivement le rendement du témoin de 33% et 21,3 pendant les quatre saisons dans les deux sites.

3.1.2.2 LA SENSIBILITÉ AUX MALADIES

Comparées du point de vue sensibilité aux maladies, on constate qu'à PABU, les variétés sont tolérantes à toutes les cinq maladies les plus importantes du haricot (tableau...), suivant l'échelle standard d'évaluation des maladies fongiques du CIAT[29]. Tandis qu'à Mulungu, les variétés sont tolérantes à 3 maladies importantes dont l'ascochytose, anthracnose et rouille. Mais elles dénotent une réaction intermédiaire (3 à 4) vis-à-vis de la tache anguleuse et de la fusariose.

Tableau 5. Comportements des variétés du haricot testées par rapport aux différentes maladies

VARIETES	Mulungu						PABU					
	ALS	ASCO	ANTH	ROU	FUSA	Moy	ALS	ASCO	ANTH	ROU	FUSA	Moy
NUV105-1	3,3	1	1	1,3	4	2,1	2	1	1,3	2	2,5	1,8
NUV15-1	3,6	1	1	1	4	2,1	2	1,3	1	1	2	1,5
NUV108-3-1	4,3	1	1,3	1,6	4	2,4	2	1	1,3	1,6	2	1,6
NUV15-2	3,6	1	1	1,3	3	2,0	2,3	1	1	1,6	1,5	1,5
NUV108-3-2	3	1	1	1	3,5	1,9	2,6	1	1	1	2	1,5
NUV160-2	3,3	1	1	1,6	3	2,0	2	1	1	1	2	1,4
NUV119-1	4	1,3	2	2	2	2,1	2	1	1	2	2	1,6
NUV216-2	3,6	1	1	1,6	4	2,2	3,3	1	1	1	2,5	1,8
NUV119-3	3,3	1	1	1,6	3,5	2,1	2	2	1	1,3	1,5	1,6
NUV234-3-1	3,3	1	1	1,6	3	2,0	2	1,3	1	1,3	2	1,5
NUV119-4	3,3	1	1	2	4,5	2,4	3,3	1,3	1	1	2,5	1,8
NUV234-3-2	3,6	1	1,3	1,6	4	2,2	2	1,3	1	1	2,2	1,5
NUV131-1	3,6	1	1	2	2,5	2,0	2,3	1	1,3	1	2	1,5
NUV131-2	3,3	1	1	2	6	2,7	2,3	1	1	1,6	2,3	1,6
VCB81013(T)	4	1	1,3	1,6	4,5	2,4	3	1	1	1,6	2	1,7
Moyenne	3,5	1,02	1,02	1,6	3,7	2,2	2,3	1,1	1,1	1,3	2,1	1,6

Als=Tache anguleuse, Asco=Ascochytose, Anth=Anthracnose, Rou=Rouille, Fusa= Fusariose, Moy= Moyenne

Tableau 6. Résultats combinés des rendements et maladies pendant les quatre saisons dans les deux sites

Variétés	Résultats combinés des rendements et maladies.						
	kg/ha	% T	ALS	ASCO	ANTH	ROU	FUSA
NUV105-1	1331,5cde	91,5	2,5b	1b	1,5a	1,5ab	3ab
NUV15-1	1711ab*	117,6	2,5b	1b	1b	1b	3ab
NUV108-3-1	1764,5ab*	121,3	3ab	1b	1b	1b	3ab
NUV15-2	1620abc	111,4	2,5b	1b	1b	1b	2b
NUV108-3-2	1578,5abc	108,5	2,5b	1b	1b	1b	2,5b
NUV160-2	1441,5b-e	99,1	2,5b	1b	1b	1b	2,5b
NUV119-1	1087e	74,7	3ab	1b	1b	2a	2b
NUV216-2	1166de	80,2	3ab	1b	1b	1b	3ab
NUV119-3	1506bcd	103,5	2,5b	1,5a	1b	1b	2b
NUV234-3-1	1932,5a*	132,8	2,5b	1b	1b	1b	2,5b
NUV119-4	1449b-e	99,6	3ab	1b	1b	1,5ab	3ab
NUV234-3-2	1719,5ab*	118,2	2,5b	1b	1b	1b	3ab
NUV131-1	1598,5abc	110	2,5b	1b	1b	1,5ab	2b
NUV131-2	1465bcd	100,7	2,5b	1b	1b	1,5ab	4a
VCB81013(T)	1454,5b-e	100	3,5a	1b	1b	1b	3ab
LSD(0,05)	377,6		0,8	0,4	0,4	0,7	1,5
CV %	11,6		14	17,7	17,7	30,4	25,5

Kg/ha = rendement exprimé en kilogramme par hectare, % T= en pourcentage par rapport au témoin.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

L'évaluation agronomique des variétés grimpantes (nutritionally enhanced climbing beans) de haricot commun (*phaseolus vulgaris* L.) en essais comparatifs d'adaptation réalisés durant quatre saisons (2015-2016ab) dans deux sites agro-écologiques de kabare nord au Sud-kivu à l'Est de la RD. Congo a permis d'identifier des variétés performantes du point de vue production et tolérance aux maladies, ravageurs et conditions climatiques parmi celles évaluées.

Grâce à ces essais menés à Mulungu station et en milieu paysan (PABU), quelques variétés plus performantes et adaptées à différentes conditions agro-écologiques ont pu être identifiées et certaines parmi elles seront bientôt diffusées.

Le tableau 4 montre les variétés qui se sont révélées les plus intéressantes dans chaque site agricole. Ainsi, douze variétés ont eu des rendements intéressants à Mulungu station parmi lesquelles 4 avec des rendements saillants (>2000kg/ha) et trois seulement à PABU. Quant à la réaction aux principales maladies (tableau 5), à Mulungu, les variétés sont tolérantes à 3 maladies importantes dont l'ascochytose, anthracnose et rouille. Mais elles dénotent une réaction intermédiaire (3 à 4) vis-à-vis de la tache anguleuse et de la fusariose. Tandis qu'à PABU, les variétés ont prouvé une résistance nette à toutes les maladies. Ces réactions peuvent s'expliquer par le fait que les variétés sont résistantes ou tolérantes, l'utilisation des semences saines et la variation de l'efficacité de cette résistance dans le temps et dans l'espace, en raison de la variabilité des races du champignon [28]. Et donc, dans l'une ou l'autre condition de ces deux sites, les rendements des variétés ne dépendent pas forcément de l'attaque par les maladies, plutôt des conditions édapho-climatiques de chaque site. Le tableau 6 reprend les résultats combinés des rendements et maladies des variétés volubiles pendant les quatre saisons dans deux sites agro-écologiques. Au regard de résultats des rendements de toutes les variétés(*), quatre ont obtenu des rendements significativement élevés et stables (1700 à 1900kg/ha). Ce sont les variétés NUV234-3-1(1932,5kg/ha), NUV108-3-1(1764,5), NUV234-3-2 (1719,5), et NUV15-1(1711) ; qui peuvent être directement proposées à la diffusion après multiplication en pré-base et base.

5 CONCLUSION

A l'issue des essais comparatifs d'adaptation, certaines variétés à large adaptation et à adaptation spécifique ont été identifiées. Ainsi, quatre variétés NUV234-3-1(1932,5kg/ha), NUV108-3-1(1764,5), NUV234-3-2 (1719,5), et NUV15-1(1711) se sont avérées les plus stables, car leurs rendements moyens globaux n'ont pas subi de grandes fluctuations pendant les trois saisons culturales dans les deux sites respectifs de MULUNGU et PABU. En plus de ces quatre variétés précitées, quatre également ont eu des rendements moyens globaux dépassant 1500kg/ha ; telles sont : NUV108-3-2 (1578,5kg/ha), NUV119-3 (1506), NUV15-2 (1620) et NUV131-1 (1598,5). Ces huit variétés, au total, identifiées comme les plus prometteuses de par leurs rendements et autres caractéristiques ont été injectées dans la multiplication en tant que semences de pré-base et de base

jusqu'à leur diffusion. Elles seront ensuite mises à la disposition des agriculteurs pour leur support alimentaire, d'autant plus que sur le même espace ces types de haricot volubile peuvent produire 10 fois plus que les types nains.

Cette étude, qui mérite d'être approfondie dans plusieurs sites, permet de conclure que les caractères agronomiques (rendement, calibre ou poids de 100graines, sensibilité, stabilité, teneur en micronutriments...) utilisés et combinés, ont constitué la base de sélection en essais comparatifs d'adaptation de très meilleures variétés.

REFERENCES

- [1] Annabel maisin. Les parcs agro-industriels, la réponse à tous les maux de la RDC ? Étude de cas - La Banque mondiale en RDC. 2016.
- [2] Caburet A. et Hekimian Lethère C. Le haricot. Les légumineuses à graines. Memento.
- [3] Vishwa Nath Maurya, Bijay Singh, Swammy Vashist, Ghebrehrehan Ogubazghi, Vijay Vir Singh. 2015. Effectiveness Performance Analysis of Soil Minerals (Fe/Zn) on Soil Fertility and Cropping Patterns Using X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF) and ANOVA Method. American Journal of Biological and Environmental Statistics. Science Publishing Group, (p 9-18). (<http://www.sciencepublishinggroup.com/j/ajbes>). 2009.
- [4] Bouis, H.E. Micronutrient fortification of plants through plant breeding: can it improve nutrition in man at low cost? Proc. Nutr. Soc. 62:403-411. 2003.
- [5] Matthew W. Blair. Mineral Biofortification Strategies for Food Staples: The Example of Common Bean. Departamento de Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Valle, Colombia, and Department of Plant Breeding and Genetics, Cornell University, Ithaca, New York 14853, United States. 2009.
- [6] PABRA/CIAT.). Des haricots de meilleure qualité pour l'Afrique. Kampala, Uganda, 2006.
- [7] Broughton W.J., Hernandez G., Blair M.W., Beebe S., Gepts P. and Vanderleyden J. 2003.
- [8] PABRA(Pan-Africa Bean Research Alliance) / CIAT(Centro Internacional de Agricultura Tropical). Temps forts. Un meilleur accès des agriculteurs aux semences de variétés améliorées de haricot au Rwanda Kampala, Uganda, 2004.
- [9] Bouis Howarth E. Highlights. Annual report 2013. HP, CGIAR. . 2013
- [10] Rodah Morezio Zulu. Iron and Zinc enriched Beans – Biofortified Beans. Chitedze Agriculture Research Station . CIAT/ Malawi. Lilongwe. 2009
- [11] Caixeta E.T., Borém A., Azevedo Fagundes S., Niestche S., Barros E.G. & Moreira M.A. Inheritance of angular leaf spot resistance in common bean line BAT 332 and identification of RAPD marker linked to the resistance gene. Euphytica 134: 297-303.2003
- [12] FAO. *Preliminary 2009 data now available for selected countries and products* <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>, (11/01/2010). , 2009.
- [13] Rainey K.M. & Griffiths P.D. Inheritance of heat tolerance during reproductive development in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 130, 700-706. 2005
- [14] Beebe S, Gonzalez AV, Rengifo J. Research on trace minerals in the common bean. Food Nutr. Bulletin 21:387-91. 2000
- [15] Musungayi T, Murhandikire R et Sperling L. Diffusion du haricot volubile sous le bananier sur les hautes terres de l'Est du Zaïre. Premier bilan des adoptions sur les sites de recherche –développement de kabare et walungu(Sud-kivu). Projet INERA-PNUD, ZAI/89/006. 1993.
- [16] DSRP. La Monographie de la province du Sud-Kivu, Unité de Pilotage du Processus DSRP Kinshasa/ Gombe. 122 pp. 2000
- [17] Ngongo M. and Lunze L. Espèce d'herbe dominante comme indice de la productivité du sol et de la réponse du haricot commun à l'application du compost. African Crop Science Journal 8 (3): 251-261. 2000.
- [18] Pypers P, Sanginga J, Kasereka B, Walangululu M, Vanlauwe B. Increased productivity through integrated soil fertility management in cassava–legume intercropping systems in the highlands of Sud-Kivu, DR Congo. Field Crops Research 120 (1): 76-85. 2010.
- [19] Lunze L. Possibilités de gestion de la fertilité des sols au Sud-Kivu montagneux. Cahier du Centre d'études et de recherche pour la promotion rurale et la paix (CERPRU) 14 : 28-34. , 2000.
- [20] CIALCA. Baseline Survey Report, Consortium for Improving Agriculture-based Livelihoods in Central Africa. 129 pp. 2010
- [21] CIAT. The pan-africa bean research alliance (pabra): supporting nutrition and health, food security, environmental stresses and market challenges that will contribute to improve the livelihood and create income of resource poor smallholder families in sub-saharan africa. *project report: 2009 to 2011*. 2011.
- [22] UNICEF&USAID. Enquete nationale sur la situation des enfants et des femmes. Rapport synthèse MICS/2001. RD Congo. 2001
- [23] Frossard E., Bucher M., Machler F., Mozafar A., and Hurrell R., Potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn, and Ca in plants for human nutrition. *J. Sc. Food Agr.*, Vol. 80, pp 861-879, 2000.

- [24] Antoine Kanyenga Lubobo, Emery Kasongo L.M., Roger Kizungu V., Gustave Nachigera M., and Adrien Kalonji M. Effect of climate change on common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop production: determination of the optimum planting period in midlands and highlands zones of the Democratic Republic of Congo. Global Journal of Agricultural Research and Reviews. ISSN: 2437-1858 Vol. 4(1), pp.390-399. 2016.
- [25] PROGRAMME NATIONAL DE NUTRITION (PRONANUT)/SUD-KIVU. Enquetes nutritionnelles territoriales. Rapport synthèse. Province du Sud-Kivu/RDC. 2013.
- [26] WIKIPEDIA, the free encyclopedia, P.Vulgaris, (en.wikipedia.org/wiki/Common_beans) , 23 March 2018, at 11:51
- [27] Sospeter O. Nyamwaro, Rebecca Kalibwani, Benjamin Wimba, Audry Muke, Moses M. Tenywa, Josaphat Mogabo, Robin Buruchara and Fatunbi Oluwole. Innovation Opportunities in Bean Production in the DR Congo. PARI,FARA. ISSN: 2550-3359. Vol. 2 N°:20 (2018). May,2018.
- [28] Autrique A. et Perreaux D. Maladies et ravageurs des cultures de la région des Grands Lacs d'Afrique Centrale, pp.231. 1989.
- [29] CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Système standard pour l'évaluation du germoplasme du haricot. Aart van Schoonhoven et Marcial A. Pastor-Corrales (compilateurs). Traduit de l'anglais. Cali Colombie, pp.50, 1992.
- [30] Nyabyenda P. Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique. Les presses agronomiques de Gembloux, Passage des déportés 2-B-5030, Gembloux (Belgique), 124p. 2005.
- [31] Baudoin J-P., Vanderborght T., Kimani P-M et Mw'angombe A.W. Légumes à grains : Haricot. In : Raemaekers (Eds). Agriculture en Afrique Tropicale. Bruxelles, DGCI, p.337-355. 2001

RENDEMENT DES ELEVES DE SIXIEME MATHEMATIQUE-PHYSIQUE A UNE EPREUVE SUR LA NOTION DE MOMENT DE FORCE EN PHYSIQUE

[SIXTH FORM MATHEMATICS AND PHYSICS PUPILS'OUTPUT IN THE EXAM ON THE MOMENT OF FORCE IN PHYSICS]

KINYOKA KABALUMUNA God'el and MBUYAMBA TSHIUNZA Roger

Département de physique et des sciences appliquées, Université Pédagogique Nationale (UPN), Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Few mathematics and physics sixth form pupils succeed in Physics, such is the case, for example, in the 2017 exam, in Democratic Republic of the Congo/Kinshasa on the notion of moment of force in physics to which only 17,35% have succeeded. Teachers of physics and researchers should think more about the conception and the finding out of mechanisms, implements and strategies in the teaching-learning process for the remediation of the situation.

KEYWORDS: assessment, physics, final classes, force, motion, rotation, results, pupils.

RÉSUMÉ: Très peu d'élèves de sixième mathématique-physique réussissent en physique ; tel est le cas, par exemple, à une épreuve administrée en 2017 en R.D. Congo - Kinshasa, sur la notion de moment de force en physique, à laquelle 17,35% seulement des élèves ont réussi. Il faudrait donc que les enseignants de physique et les chercheurs réfléchissent davantage sur la conception et la mise au point des mécanismes, instruments et stratégies dans le processus Enseignement-Apprentissage pour remédier à cette situation.

MOTS-CLEFS: Evaluation, physique, classes terminales, force, mouvement, rotation, résultats, élèves.

1 INTRODUCTION

Nos longues expériences professionnelles dans l'enseignement de la physique au secondaire, respectivement 26 ans (Kinyoka) et 17 ans (Mbuyamba), montrent que la plupart des élèves considèrent la physique comme leur « bête noire ». Par ailleurs, les résultats de nos recherches pour l'obtention du diplôme d'études approfondies (DEA) (Kinyoka, 2011) prouvent à suffisance que de manière générale le comportement des professeurs de physique du secondaire est inefficace à 96,9% pendant qu'ils enseignent.

Il y a alors lieu de se poser la question sur l'incidence que cela peut avoir sur le rendement des élèves de sixième mathématique-physique, par exemple, sur la notion de moment de force.

2 MÉTHODES ET INSTRUMENT

Nous sommes partis de l'hypothèse selon laquelle la plupart des élèves de sixième scientifique mathématique-physique échouent en physique. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons administré une épreuve de physique sur la notion de moment de force à un échantillon de 892 élèves. Cet échantillon a été constitué de manière aléatoire simple.

Tableau 1. 85 écoles organisant l'option mathématique-physique à Kinshasa/Ngaliema

Ecoles privées agréées (P.A)	Ecoles non conventionnées (N.C)	Ecoles conventionnées			Total
		Catholiques	Protestantes	Total	
58	05	12	10	22	85

Source : tableau élaboré par nous suivant le répertoire des écoles du pool de Ngaliema à Kinshasa-Ouest.

Sur un total de 146 écoles dans la commune de Ngaliema à Kinshasa, 85 organisent la section scientifique. Pour tirer 33 écoles, nous avons utilisé l'échantillonnage aléatoire simple : nous avons attribué un numéro à chacune de ces écoles. Nous avons repris ces numéros sur 85 morceaux de papier homogènes que nous avons placé dans un panier. Nous avons secoué le panier et tiré un premier numéro ; nous avons remis ce morceau de papier dans le panier et nous avons tiré un deuxième numéro après avoir secoué le panier ; et ainsi de suite jusqu'au trente troisième numéro. Dans chacune de ces écoles nous avons pris une classe de sixième mathématique-physique. Et ces 33 classes constituent notre échantillon.

Tableau 2. Nombre total d'élèves dans les 33 classes

Groupe	grc1	grc 2	grc 3	grc 4	grc 5	grc 6	grc 7	grc 8
Nombre d'élèves	33	27	06	21	21	24	29	27

Groupe	grc 9	grc 10	grc 11	grc 12	grc 13	grc 14	grc 15	grc 16
Nombre d'élèves	39	35	40	21	30	11	26	18

Groupe	grc 17	grc 18	grc 19	grc 20	grc 21	grc 22	grc 23	grc 24
Nombre d'élèves	36	46	38	33	32	18	42	09

Groupe	grc 25	grc 26	grc 27	grc 28	grc 29	grc 30	grc 31	grc 32
Nombre d'élèves	40	30	17	09	54	10	21	12

Groupe	GR33							GRC
Nombre d'élèves	37							892

Légende :

grc X: Classe X

GRC: L'ensemble de toutes les classes

Source : élaboré par nous-mêmes

2.1 INSTRUMENT DE MESURE**2.1.1 COMPOSITION DE L'ÉPREUVE**

Cette épreuve est notre thermomètre qui témoignera si les élèves ont bien assimilé la matière leur transmise sur la notion de moment de force.

Les questions de ladite épreuve traduisent généralement ce que tout élève à la fin du secondaire doit savoir et savoir-faire au terme de la séquence d'enseignement sur la notion de moment de force.

Le programme national et ses orientations, ainsi que les ouvrages de physique traitant de ce thème ont été les documents essentiels que nous avons utilisés pour élaborer cette épreuve.

Le questionnaire de l'épreuve se rapporte essentiellement à la notion de moment de force. Le lecteur trouvera dans la suite les indications ainsi que le contenu des questions. Il y a des questions à choix multiples et des questions de production (à réponse ouverte).

INDICATIONS

- Chaque question (de 1 à 6) compte pour 2 points. Les questions 7 et 8 comptent chacune 4 points
- Une question peut comporter plusieurs réponses convenables
- Compléter les pointillés par des réponses qui conviennent.

QUESTIONS

1. On exerce une force $\vec{F}$ sur un corps donné. Ce corps tourne autour de son axe de rotation. Indiquez la (les) bonne (s) réponse (s) :

La cause du mouvement de rotation de ce corps est :

- la force
- la distance du point d'application de $\vec{F}$ à l'axe de rotation ou encore
- autre réponse :

2. Quelle est l'équation aux dimensions du moment de force $\overline{\mathfrak{M}}$?

Rép. :

3. Choisissez la (les) bonne (s) réponse (s) :

Le moment d'une force peut s'exprimer en :

- Newton
- Newton par mètre
- joule
- mètre par newton
- autre réponse :

4. Indiquez la (les) bonne (s) réponse (s) :

Le moment d'une force non nulle agissant sur un corps peut être égal à zéro si :

- La ligne d'action de la force est parallèle à l'axe rotation du corps
- La ligne d'action de la force passe par l'axe de rotation du corps
- La force est égale à zéro
- Autre réponse :

5. Indiquez la (les) bonne(s) réponse (s) :

Dans quel cas fournit-on plus d'effort pour ouvrir une porte à l'aide de son poignet ?

- Lorsque le poignet est à l'extrémité libre de la porte ou bien
- Lorsque le poignet est au centre de la porte

6. Voici un texte : « on exerce une force $\vec{F}$ sur une porte dont la charnière est verticale. La porte tourne dans le sens contraire du mouvement des aiguilles d'une montre ». Choisissez la bonne réponse. Le sens du moment de la force $\vec{F}$ est :

- vertical
- de la droite vers la gauche
- de bas en haut
- le même que celui de la force
- trigonométrique.

7. Dans le texte ci-après : Une fenêtre dont la charnière est horizontale s'ouvre de l'intérieur vers l'extérieur de la maison dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre lorsqu'on exerce une force au point P de la fenêtre. Déterminez les caractéristiques du moment $\vec{m}$ de la force $\vec{F}$:

Rép. :
.....

8. En vous référant à votre vécu quotidien :

- a) Proposez un exemple d'illustration du moment de force.
- b) Précisez les caractéristiques de ce moment.

Rép. : a)

 b)

2.1.2 ANALYSE DU QUESTIONNAIRE

L'épreuve composée comprend en tout huit (8) questions :

- La question 1 est relative au moment de force comme responsable du mouvement de rotation des corps ;
- Les questions 2 et 3 se rapportent respectivement à l'équation aux dimensions et aux unités du moment de force ;
- La question 4 veut vérifier la maîtrise des élèves sur des cas particuliers du moment de force nul ;
- Les questions 5 et 8 sont relatives à l'application pratique du moment de force ;
- Les questions 6 et 7 veulent ressortir les caractéristiques du moment de force en tant que grandeur vectorielle.

2.1.3 CORRIGÉ DE L'ÉPREUVE

- | | |
|---|----------|
| 1. Autre chose : le moment de force | 2 points |
| 2. $[L]^2 [M] [T]^{-2}$ | 2 points |
| 3. Autre chose : mètre-Newton | 2 points |
| 4. - La ligne d'action de la force est parallèle à l'axe de rotation du corps | 1 point |
| - La ligne d'action de la force passe par l'axe de rotation du corps | 1 point |
| 5. Lorsque le poignet est au centre de la porte | 2 points |
| 6. De bas en haut | 2 points |
| 7. Direction : horizontale | 1 point |
| Sens : De la droite vers la gauche pour un observateur se trouvant dans la maison face à la fenêtre | 1 point |
| Module : $\mathfrak{M} = r \cdot F$ où r est la distance du point d'application de la force à l'axe de rotation | 1 point |
| point d'application : point d'intersection de r avec l'axe de rotation | 1 point |
| 8. - exemple bien choisi (d'un corps en rotation) | 1 point |
| - Direction du moment | 1 point |
| - Sens du moment | 1 point |
| - point d'application | 1 point |
| - module | 0 point |

2.2 ENQUÊTEURS

2.2.1 CONTACT AVEC LES ÉCOLES

Dans la réalisation de notre enquête sur terrain, nous avons utilisé 17 enquêteurs : Huit (8) étudiants de deuxième licence physique-électronique-électricité ; sept (7) étudiants de première licence physique-électronique-électricité. Nous avons nous-mêmes fait partie de ce groupe. Nous avons choisi les étudiants qui ont une expérience professionnelle d'au moins cinq ans dans l'enseignement de la physique au secondaire comme gradués en mathématiques-physique, physique-technologie, physique-électronique ou physique-électricité. Soulignons quand même que dans le lot il y avait aussi quatre gradués (ingénieurs techniciens) de l'Institut Supérieur des Techniques Appliquées (I.S.T.A).

Nous avons choisi deux écoles pour chacun des enquêteurs. Nous avons retenu pour nous-mêmes trois écoles. Dans la répartition des écoles, nous avons tenu compte de la proximité géographique des écoles pour chacun des enquêteurs. Et nous avons pris soin à ce qu'aucun enquêteur ne se retrouve dans l'école où il enseigne.

Le premier travail des enquêteurs a consisté à entrer en contact avec les écoles indiquées. En effet, il était question d'expliquer le bien-fondé de la recherche entreprise ; obtenir des autorités de l'école l'autorisation d'harmoniser avec les professeurs de physique de sixième mathématique-physique concernant l'administration de l'épreuve prévue. Bref, chaque enquêteur est allé dans les écoles retenues pour remplir les formalités administratives. Nous avons donc pris connaissance des horaires des enseignants et du cours de physique en sixième mathématique-physique et fixé les dates probables du déroulement des leçons sur la notion de moment de force ainsi que celles de passation de l'épreuve. Nous sommes resté en contact avec les professeurs de physique concernés ainsi que les autorités des écoles jusqu'à l'administration effective de l'épreuve.

2.2.2 ADMINISTRATION DE L'ÉPREUVE

Nous avons mis l'épreuve retenue à la disposition de chaque enquêteur. Nous sommes descendus nous-mêmes sur terrain le jour de l'administration de l'épreuve. Nous avons joué en même temps le rôle de surveillants. A la fin de l'épreuve, nous avons ramassé tous les protocoles.

2.2.3 CORRECTION DE L'ÉPREUVE

Nous avons remis aux enquêteurs le corrigé de l'épreuve élaboré par nous-mêmes. Chaque enquêteur a procédé à la correction des épreuves et nous a remis les protocoles à la fin.

3 RÉSULTATS

Tableau 3. Synthèse des réussites par question

Groupe	nbpart	rq1	rq2	rq3	rq4	rq5	rq6	rq7	rq8	total
grc1	33	12	10	12	3	13	2	0	1	53
grc2	27	3	5	4	1	1	0	0	0	14
grc3	6	3	3	2	1	0	0	0	0	9
grc4	21	13	14	9	0	1	0	0	0	37
grc5	21	10	9	7	2	0	0	0	0	28
grc6	24	19	20	14	7	3	0	0	1	64
grc7	29	15	15	10	2	2	1	0	0	45
grc8	27	14	13	7	0	1	0	0	0	35
grc9	39	16	8	10	0	2	0	0	0	36
grc10	35	22	23	12	1	0	0	0	0	58
grc11	40	22	20	14	5	8	0	0	0	69
grc12	21	12	12	9	2	1	0	0	0	36
grc13	30	8	8	2	0	1	0	0	0	19
grc14	11	7	7	1	0	1	0	0	0	16
grc15	26	16	15	10	0	0	0	0	0	41
grc16	18	9	10	3	0	1	1	0	0	24
grc17	36	17	13	9	4	2	2	0	0	47
grc18	46	21	22	11	2	1	1	0	0	58
grc19	38	22	22	10	0	0	0	0	0	54
grc20	33	5	5	1	0	0	0	0	0	11
grc21	32	8	7	2	0	1	0	0	0	18
grc22	18	9	9	6	0	0	0	0	0	24
grc23	42	21	27	13	0	0	0	0	0	61
grc24	9	5	4	2	0	1	1	0	0	13
grc25	40	22	23	11	0	1	0	0	1	58

grc26	30	15	15	8	0	1	0	0	0	39
grc27	17	12	10	2	0	0	0	0	0	24
grc28	9	7	6	1	0	1	0	0	0	15
grc29	54	52	40	17	2	2	1	0	2	116
grc30	10	6	3	1	0	1	0	0	0	11
grc31	21	19	18	8	0	1	1	0	0	47
grc32	12	12	6	3	0	0	1	0	0	22
grc33	37	23	10	2	0	0	0	1	0	36
	892	477	432	233	32	47	11	1	5	1238

Légende :

grc X : Classe X

raq : Réussite à la question X

nbpart : Nombre de participants à l'épreuve

3.1 ANALYSE HORIZONTALE DES RÉSULTATS**a) Participants : 892****b) Tableau des résultats****Tableau 4. Réussites à l'épreuve**

Question	1	2	3	4	5	6	7	8	Moyenne
Réussites	477	432	233	32	47	11	1	5	1238/7136
% Réussites	53,48	48,43	26,12	3,59	5,27	1,23	0,11	0,56	17,35

3.1.1 ANALYSE

De manière générale, les élèves ont réussi à plus de 53% à la question 1 ; à plus de 48% à la question 2 ; à plus de 26% à la question 3 ; à plus de 5% à la question 5 ; à moins de 4% à la question 4 et à moins de 2% à toutes les autres questions. Le nombre global des réussites est de 17,35% en moyenne.

3.2 ANALYSE VERTICALE DES RÉSULTATS**a) Nombre des classes :33****b) Tableau des résultats****Tableau 5. Pourcentages des réussites des classes à l'épreuve**

Groupe	% Réussites	Groupe	% Réussites	Groupe	% Réussites	Groupe	% Réussites
grc1	20,08%	grc10	20,71%	grc19	17,76%	grc28	20,83%
grc2	6,48%	grc11	21,56%	grc20	4,17%	grc29	26,85%
grc3	18,75%	grc12	21,43%	grc21	7,03%	grc30	13,75%
grc4	22,02%	grc13	7,92%	grc22	16,67%	grc31	27,98%
grc5	16,67%	grc14	18,18%	grc23	18,15%	grc32	22,92%
grc6	33,33%	grc15	19,71%	grc24	18,06%	grc33	12,16%
grc7	19,40%	grc16	16,67%	grc25	18,12%	Tot	17,35%
grc8	16,20%	grc17	16,32%	grc26	16,25%		
grc9	11,54%	grc18	15,76%	grc27	17,65%		

Légende

grc X : Classe X

Tot : Total de toutes les classes

3.2.1 ANALYSE

En général, le nombre des réussites à l'épreuve n'atteint pas 30% dans toutes les classes excepté la classe 6 (33,33%). De manière globale, dans ces écoles ; 17, 35% d'élèves ont réussi à l'épreuve de physique.

4 DISCUSSION

En général, les élèves ont réussi à plus de 50% seulement à la question 1. A toutes les autres questions la réussite est faible (prêt de 40% à la question 2 et prêt de 20% à la question 3), voire même très faible (moins de 6% aux questions 4, 5, 6, 7 et 8).

Le pourcentage des réussites n'atteint pas 30% dans toutes les classes, exceptée la classe 6 où on a atteint 33,33%, du reste faible. De manière globale ; 17,35% seulement d'élèves ont réussi à l'épreuve administrée.

Ces résultats se rapprochent de ceux de Mpukuta (2004) qui ont révélé que lors d'un test basé sur les leçons d'Energie, Travail et Puissance, administré à 118 élèves de sixième scientifique dans quelques écoles de Kinshasa ; seuls 9 élèves ont réussi (7,62 %). Ce qui prouve que les enseignants de physique ont, partant de leur prestation, une part importante dans le sentiment d'antipathie qu'ont les élèves vis-à-vis de la physique au niveau des écoles secondaires en général et en sixième scientifique en particulier.

La même observation est faite par Kazwela (2001) qui, dans une recherche menée dans quelques écoles conventionnées catholiques de Kinshasa, est arrivé à démontrer que les élèves de ces écoles présentent des lacunes énormes dans l'apprentissage de la physique. Ces lacunes sont observables dans le pourcentage des réussites de ces élèves au test qui leur a été administré : 42 réussites sur 115 participants ; soit 36,52% des réussites contre 63,48%.

5 CONCLUSION

Les résultats de cette recherche révèlent que 17,35% seulement d'élèves ont réussi à l'épreuve. Ces résultats doivent interpellier les acteurs de l'éducation en général et les professeurs de physique en particulier. Ces derniers doivent s'impliquer dans la recherche sur l'amélioration du processus Enseignement-Apprentissage et doivent être recyclés et formés de manière continue pour renforcer leur culture didactique et épistémologique.

RÉFÉRENCES

- [1] Anderson L.W., Accroître l'efficacité des enseignements, UNESCO, Paris, 1992.
- [2] Benson H., Physique 1, mécanique, traduction de la 2^{ème} édition américaine, Editions du renouveau, De Boeck, Canada, 1999.
- [3] Britton E.D. et Raizen, S.A. (eds.), Examining the Examinations: An International Comparison of Science and Mathematics Examinations for College-Bound Students. Boston Kluwer, 1999.
- [4] Delaruelle A. et Claes A.I., Eléments de physique, Tome III, De Boeck Wesmael, Bruxelles, 1989.
- [5] DEPS/DIPROMAD A, Programme national de physique, enseignement secondaire général, Edideps, Kinshasa, 1988.
- [6] Faucher R., Physique classes terminales CD et E, Librairie Hatier, Paris, 1966.
- [7] Giancoli, Physique générale 1, mécanique et thermodynamique, De Boeck Université/Wesmael S.A., Bruxelles, 1989.
- [8] Kazwela M.G., Evaluation des acquis en physique à l'entrée de l'enseignement supérieur scientifique et technique, TFE, IPN, Kinshasa, 2001.
- [9] Kinyoka K., Objectifs spécifiques de l'enseignement de la physique au secondaire, Liondjo, Genève-Suisse, 2005.
- [10] Leclercq D., Qualité des questions et signification des scores avec application aux QCM, Labor, Bruxelles, 1987.
- [11] Mpukuta ne K.M., Dépistage des causes de la mauvaise performance des élèves en physique : analyse des leçons sur l'Energie, le Travail et la Puissance en sixième scientifique, Mémoire, UPN, Kinshasa, 2004.
- [12] Philippe C. et al., Guide méthodologique, physique mécanique 4^{ème}, De Boeck et Larcier, Bruxelles, 1999.
- [13] Philippe P., L'évaluation des élèves : De la fabrication de l'excellence à la régulation des apprentissages entre deux logiques, De Boeck et Larcier, s.a. 1^{ère} édition, 2^{ème} tirage, Paris-Bruxelles, 1998.
- [14] Pochart M. et Masumbuko M., Items de physique, 6^{ème} M.P et B.C, Archidiocèse de Kisangani, Kisangani, 1984.

Essai de substitution du tourteau de soja par le tourteau palmiste dans la ration de poulets de chair à Lubumbashi : Effets sur les performances de croissance et les paramètres économiques

[Test of substitution of the soya bean oil cake by the oil cake cabbage tree in the ration of table fowls with Lubumbashi : Effects on the performances of growth and the parameters economic]

Kilemba Mukangala Benjamin, Kabemba Tshiakamona James, and Tshibangu Muamba Innocent

Unité de recherche en Nutrition, Amélioration Animale et Agropastoralisme, Université de Lubumbashi, Faculté des sciences agronomiques, Département de zootechnie, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The dearth of the protein sources usable in the modern avicolous food remains a major challenge to raise in the developing countries. The oil cake cabbage tree available in RD Congo, contains 15-16 % of rough protein with a degradability from 40 to 50%. In this work, on the one hand, its effectiveness (To evaluate on the performances of the animals: Food consumption, Daily Average Profit and Index of consumption); in addition the output (To determine price of kg of food, production cost per Weight Live, gross profit). Four batches of 18 chicks of 10 days of age were nourished with the rations containing oil cake of cabbage tree 0 % (Pilot), 5% (T₁), 10 % (T₂) and 15 % (T₃). Food Consumption was of 175,07 ± 3,28g (Pilot), 166,93 ± 17,96g (T₁); 171,70 ± 11,53g (T₂); 175,47 ± 10,48g (T₃). Ponderal growth of 62,085 ± 3,84g (Pilot); 58,502 ± 8,7g (T₁); 60,887 ± 4,3g (T₂) and 57,806 ± 4,918g (T₃). The indices of consumption were of 2,8, similar for (Witness), (T₁) and (T₂); from 3 for (T₃). The output calculated (in FC), the price of production of kg of food was 1465, 73 (Witness); 1413,55 (T₁); 1342,75 (T₂); 1289,733 (T₃) and the gross profit of the experimental rations compared to the witness was 146,1 (T₁); 344,34 (T₂) and 220,8 (T₃). The output calculated (In FC), the price of production of kg of food was 1465, 73 (Witness); 1413,55 (T₁); 1342,75 (T₂); 1289,733 (T₃) and the gross profit of the experimental rations compared to the witness was 146,1 (T₁); 344,34 (T₂) and 220,8 (T₃). No significant effect was induced by the various rates of substitution, on the other hand, an identical growth and an acceptable production cost per kg of live weight.

KEYWORDS: Soya bean oil cakes, Oil cakes of cabbage tree, table Fowl, Growth, Parameters economic and Lubumbashi.

RÉSUMÉ: La cherté des sources protéiques utilisables dans l'alimentation avicole moderne, reste un défi majeur à relever dans les pays en développement. Le tourteau palmiste disponible en RD Congo, contient 15-16 % de protéine brute avec une dégradabilité de 40 à 50%. Dans ce travail, d'une part, son efficacité (Evaluer sur les performances des animaux : Consommation alimentaire, Gain Moyen Quotidien et Indice de consommation) ; d'autre part le rendement (Déterminer le prix d'un kg d'aliment, coût de production par Poids Vif, bénéfice brute). Quatre lots de 18 poussins de 10 jours d'âge ont été nourris aux rations à base de tourteaux palmistes 0 % (Témoin), 5% (T₁), 10 % (T₂) et 15 % (T₃). La Consommation alimentaire était de 175,07 ± 3,28g (Témoin), 166,93 ± 17,96g (T₁) ; 171,70 ± 11,53g (T₂) ; 175,47 ± 10,48g (T₃). La croissance pondérale de 62,085 ± 3,84g (Témoin) ; 58,502 ± 8,7g (T₁) ; 60,887 ± 4,3g (T₂) et 57,806 ± 4,918g (T₃). Les indices de consommation étaient de 2,8, similaires pour (Témoin), (T₁) et (T₂) ; de 3 pour (T₃). Le rendement calculés (en FC), le prix de production du kg d'aliment était de 1465, 73 (Témoin) ; 1413,55 (T₁) ; 1342,75 (T₂) ; 1289,733 (T₃) et le bénéfice brut des rations expérimentales par rapport au témoin était de 146,1 (T₁) ; 344,34 (T₂) et 220,8 (T₃). Aucun effet significatif n'a été induit par les différents taux de substitution, par contre, une croissance identique et un coût de production acceptable par kg de poids vif.

MOTS-CLEFS: Tourteaux soja, Tourteaux palmistes, Poulet de chair, Croissance, Paramètres économiques et Lubumbashi.

1 INTRODUCTION

L'abondante biodiversité des régions tropicales met à la disposition de la science agroalimentaire de nombreuses ressources végétales locales pouvant être valorisées en alimentation animale. Les ressources alimentaires non-conventionnelles, sont des aliments d'origine végétale, animale ou industrielle, très peu ou pas exploités pour l'alimentation animale, qui n'entrent pas en concurrence avec l'alimentation humaine et qui sont peu connus de la plupart des éleveurs [1] [2].

Il s'agit d'aliments de substitution ou de remplacement des aliments conventionnels. Dans les pays en développement, l'intérêt suscité par ces ressources pendant ces dernières décennies s'est particulièrement accru avec la crise céréalière et l'augmentation du prix du soja sur le marché mondial. Dans ces pays, les sources conventionnelles de protéines telles que les tourteaux de soja et d'arachide et la farine de poisson sont en effet rares et donc coûteuses [2]. Il se pose donc le problème de la régularité de leur qualité et de leur disponibilité [3]. Les nutritionnistes ont donc tenté d'utiliser des protéines animales et végétales disponibles localement, afin de les substituer totalement ou partiellement aux protéines conventionnelles [4] [5]. Le tourteau de palmiste est un composé issu de la fabrication de l'huile de palmiste. L'huile de palmiste, autant que les autres composés provenant du palmier à huile contribuent à l'accroissement de l'importance du palmier à huile. Le palmier à huile est à la base de plusieurs réalisations. En effet, selon [6], ses palmes, encore vertes, servent à la confection des toitures pour cases traditionnelles, les palmes nées servent d'excellent moyen de protection des constructions et autres greniers. Elles font objet de décoration, servent lors de la fête des rameaux avant d'être reconverties en balai. Ses graines servent à la fabrication de l'huile et la pulpe qui en est issue peut être cuisinée et consommée avec de la viande, des escargots ou quelque accompagnement que ce soit. L'huile issue de cette préparation peut être utilisée par la suite pour la confection d'autres mets. Le tourteau de palmiste est considéré comme source protéique. La fraction d'azote facilement fermentescible dans le rumen est faible allant de 15-16 % [7], [8], la dégradabilité des protéines est assez faible allant de 40 à 50 % [9],[7], voire moins de 34 % [10]. Le tourteau de palmiste, en plus d'être utilisé en tant que source protéique, est également considéré comme étant un aliment d'aptitude mixte, c'est-à-dire protéique et énergétique. Il peut être incorporé à de faibles proportions pour l'alimentation animale mais il est préférable d'incorporer une combinaison de tourteaux plutôt qu'un seul tourteau [11]. La digestibilité de la matière organique du tourteau de palmiste est variable avec des valeurs comprises entre 68 et 77 % [7]. Généralement, les tourteaux riches qui contiennent un taux élevé en huile sont considérés comme étant plus digestes que ceux extraits par solvants, qui contiennent moins d'huile [12]. Le tourteau de palmiste n'est pas considéré comme acidogène et son incorporation jusqu'à 55 % dans la ration des chèvres n'a eu aucun effet néfaste sur le rumen [13] en outre, la supplémentation de foin de faible qualité avec du tourteau de palmiste a amélioré la production de protéines microbiennes dans le rumen [17]. Jusqu'à lors, le tourteau de palmiste n'est pas incorporé dans l'aliment de complément pour poissons.

En ce qui concerne les porcs et les volailles, une incorporation respective de l'ordre de 20 à 30 % pour le porc et 15 à 20 % pour la volaille, ne causerait aucun effet néfaste [11]. Considerant sa fraction fibre, le tourteau palmiste est un aliment qui contient une proportion élevée en fibres. Celui qui est disponible en R.D. Congo dose 15 % des matières azotées digestibles mais 28 % de fibres; par contre il est riche en glucides et en cellulose (20 à 30 %). Ce qui a réduit son utilisation dans l'alimentation des monogastriques [15]. L'étude de [5], montre que le tourteau de palmiste présente une faible teneur en protéines et une forte proportion de fibres. Toutefois, ce tourteau est souvent disponible en quantité chez les producteurs d'huile de palme, notamment en RD Congo. Souvent très peu valorisé, ce tourteau peut donc être utilisé à de faibles teneurs dans les aliments pour animaux, pour diversifier la composition des aliments et abaisser le coût des matières premières. D'après cette même source, le tourteau palmiste disponible en RD Congo dose 15 % des matières azotées digestibles chez la volaille, mais 28 % de fibres. Ce tourteau de palmiste, en plus d'être utilisé en tant que source protéique, est également considéré comme étant un aliment d'aptitude mixte, c'est-à-dire protéique et énergétique [11],[17]. L'alimentation des volailles et la génétique sont pourtant des facteurs conditionnant fortement la durabilité de la filière, des points de vue économique (75 % des coûts de production), social (participent à la production de produits sains, au bien-être animal, etc..) et environnemental (utilisation de terres agricoles, rejets des animaux). Le présent travail part de l'hypothèse selon laquelle, la substitution partielle du tourteau de soja par celui de palmiste permettrait de maintenir une bonne croissance des poulets de chair, tout en préservant les performances zootechniques ainsi que le coût de production. C'est dans ce contexte que s'inscrit ce travail dont l'objectif général est de valoriser les tourteaux palmistes dans l'alimentation de poulets de chair. De manière spécifiques, les objectifs assignés étaient de déterminer l'effet des différents taux de substitution (0, 5, 10 et 15 %) du tourteau de soja par le tourteau palmiste dans la ration sur : les performances de croissance (Consommation alimentaire individuelle, le Gain Moyen Quotidien, l'Indice de Consommation) ; et sur les paramètres économiques chez les poulets de chair.

2 MILIEU, MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DU MILIEU D'ÉTUDE

Cette étude a porté sur un effectif total de 72 poussins des souches Hybrides provenant de la Zambie et vendus sur le marché local de la ville de Lubumbashi. Réalisée au quartier golf Météo au numéro 1015 de l'avenue Mwema Ramazani pendant une période de 42 jours soit du 18 juillet au 30 Août 2016. D'après [18], la ville de Lubumbashi bénéficie d'un climat tropical de type CW₆, selon le système de classification de Koppen. Caractérisée par une saison des pluies allant de novembre à mars, une saison sèche de mai à septembre et deux mois de transition (Avril à Octobre). Les précipitations annuelles s'élèvent à 1270 mm avec les valeurs extrêmes de 717 et 1770 mm. La température moyenne annuelle est d'environ 20°C. La végétation primaire de cette ville est la forêt claire du type Miombo. Cependant, à cause des activités anthropiques, cette forêt claire, est dans la région périurbaine, remplacée par une végétation secondaire, constituée par une savane [19].

2.2 INGRÉDIENTS ET FORMULATION DES RATIONS EXPÉRIMENTALES

Les données utilisées pour la mise au point des rations expérimentales ont été tirées des résultats d'analyses des matières premières issues de la littérature, mais aussi de ceux de tables de composition chimiques des matières premières en milieu tropical proposées par [20]. Deux rations, une de croissance (tableau1) et l'autre de finition (tableau2), ont été formulées et auxquelles les tourteaux de palmiste étaient incorporés à quatre niveaux 0, 5, 10 et 15 en trois répétitions. Ces niveaux ont été rapportés à 100 % de l'ingrédient partiellement substitué (tourteau de soja) et sont devenus 0, 33, 66 et 100%. Ces rations étaient formulées à l'Unité de recherche en Nutrition Animale, Amélioration et Agro-pastoralisme(URNAAA), de la Faculté des sciences Agronomiques de l'Université de Lubumbashi. Haut-Katanga / RD Congo.

Tableau 1. *Ingrédients et ration expérimentale pour la Croissance.*

Ingrédients (%/kg)	Rations expérimentales			
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
Son de maïs	58,5	59,6	59,66	59,57
Tourteaux de soja	17	11,6	5,93	0
Farine de manioc	12	10,1	10,21	10,9
Farine de poisson	6	6,12	6,13	6,14
Tourteaux palmiste	0	5,7	11,44	17
Huile de palme	3	3,1	3,06	3,1
Lysine (g/kg)	1,00	1,3	1,02	1,02
Méthionine (g/kg)	0,5	0,51	0,51	0,51
Kinophox (g/kg)	0,5	0,51	0,51	0,51
Antibiotique (g/kg)	0,5	0,51	0,51	0,51
CMV (g/kg)	0,5	0,51	0,51	0,51
Vitamine E (g/kg)	0,5	0,51	0,51	0,51
Total	100	100	100	100

Tableau 2. Ingrédients et rations expérimentales pour Finition

Ingrédients	Rations expérimentales			
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
Son de maïs	50,72	53,55	54,71	54,79
Concassé de maïs	7,96	7,09	7,23	7,21
Tourteaux de soja	16,92	11,76	6,12	2,64
Farine de manioc	12,94	9,13	7,23	7,21
Farine de poisson	4,98	5,07	5,2	5,25
Tourteaux palmiste	0	5,8	11,81	15,28
Huile de palme	2,98	4,1	4,2	4,12
Lysine (g/kg)	1,00	1,00	1,00	1,00
Méthionine (g/kg)	0,5	0,5	0,5	0,5
Kinophox (g/kg)	0,5	0,5	0,5	0,5
Antibiotique (g/kg)	0,5	0,5	0,5	0,5
C M V (g/kg)	0,5	0,5	0,5	0,5
Vitamine E (g/kg)	0,5	0,5	0,5	0,5
Total	100	100	100	100

2.3 PRÉPARATION DU BÂTIMENT, MATÉRIEL D'ÉLEVAGE ET CONTRÔLE DE PERFORMANCES

Avant la mise en place des poussins, un vide sanitaire de deux semaines était observé et la désinfection réalisée à l'eau de javel à raison de 250 ml/10 litre d'eau [21]. Les matériaux d'élevage (mangeoires, abreuvoirs, seaux, sacs, etc.), étaient également lavés et désinfectés à l'eau de javel. A la veille de l'arrivée des poussins, l'aire des différentes répétitions était recouverte d'une couche épaisse de litière constituée de copeaux. Un thermomètre hygromètre était installé. Les températures minimum, maximum et moyennes sont respectivement de 20, 25 et 23 °C. L'humidité atmosphérique 38, 55 et 45 respectivement le minimum, maximum et moyenne.

2.4 MISE EN LOTS, PROGRAMME D'ALIMENTATION ET D'ABREUVEMENT

Pendant la phase de démarrage de 0 à 15 jours [22], tous les poussins étaient élevés dans une même cage et nourris à l'aliment de commerce. Après cette période, les poussins répartis en douze sous-lots de 6 sujets/m², étaient ensuite soumis à une période de 6 jours d'adaptation physiologique de la flore intestinale selon [23]. Les aliments étaient distribués chaque matin à 8h et 11 heures et les soirs à 16h et 20 heures. Cependant, l'eau de robinet utilisée comme boisson était distribuée *ad-libitum*. Les oiseaux ont reçu un éclairage naturel (soleil) pendant la journée et la lumière artificielle (Ampoules de 100 watts) pendant la nuit.

2.5 PROPHYLAXIE ET CALENDRIER DE VACCINATION

Tableau 3. Produits utilisés pendant la période expérimentale

Période (en jour)	Produits vétérinaires utilisés
2-6	Antibiotiques et vitamines (<i>Tétravit</i>)
7	Gumboro (Bursine-)
11-13	Antibiotiques et vitamines (<i>Tétravit</i>)
14	HB1 (Lasota)
18-20	Antibiotiques et vitamines (<i>Tétravit</i>)
21	Gumboro (Bursine +)
25-27	Antibiotiques et vitamines (<i>Tétravit</i>)
28	HB1 (Lasota)
32-36	Antibiotiques et vitamines (<i>Tétravit</i>)

2.6 COLLECTE DES DONNÉES SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE

A l'aide des fiches de suivi, la consommation alimentaire a été obtenue par différence entre les quantités servies et le refus. Les mesures hebdomadaires des poids vifs ont permis de calculer le GMQ en faisant le rapport du gain moyen pondéral pendant une période sur la durée (en jours) de la période. Quant à l'indice de consommation, c'est le rapport entre la quantité d'aliments consommée pendant une période sur le gain de poids pendant cette même période. L'évaluation économique était faite uniquement sur la base du prix des aliments et du prix de vente des poulets qui est de 4090 FC/ kg selon [21].

2.7 ANALYSES STATISTIQUES

Les différents résultats obtenus étaient enregistrés et traités avec le tableur Excel puis soumis à l'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur à l'aide du logiciel Minitab version 1.16 au seuil de 5 %, puis complété par le test Fisher pour la comparaison des moyennes entre différents traitements.

3 RÉSULTATS

Les résultats présentés dans ce paragraphe concernent les paramètres de croissance (CAI, GMQ et l'IC) et les rendements économiques en fonction des différents taux de substitution.

3.1 COMPOSITION BROMATOLOGIQUE DES RATIONS EXPÉRIMENTALES

La composition chimique calculée des rations expérimentales est consignée dans le tableau 4. De ce tableau, il est nécessaire de retenir que les teneurs en protéine brutes des rations expérimentales variaient de 16,2 à 19,7 % pour la croissance et de 18,5 à 15,5 pour la phase finition.

Tableau 4. Composition et valeurs nutritionnelles des rations expérimentales

Nutriments (% de MS)	Croissance				Finition			
	Ration à base T. Palmiste				Ration à base T. Palmiste			
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
Matière sèche (MS)	86,8	87,5	87,7	88,0	86,4	87,0	87,5	87,3
Protéine Brute (PB)	19,7	19	17,4	16,2	18,5	18	17,0	15,5
Matière Grasse (MG)	7,4	7,4	7,3	7,9	7,2	7,7	8,2	8,2
Cellulose Brute (CB)	5,9	6,8	7,4	7,9	5,4	6,2	7,1	7,6
E M(EM. cal/Kg)	3223	3155	3068	3017	3215	3182	3124	3051
Rapport EM/PB	163,6	166,05	176,32	186,23	173,7	176,78	183,76	196,84
Calcium (Ca)	1,9	1,9	1,9	1,9	1,62	1,67	1,7	1,7
Phosphore (P)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Sodium (Na)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
Potassium (K)	0,9	0,9	0,8	0,7	0,90	0,82	0,72	0,68

T. Palmiste : Tourteau palmiste / T_(0, 1, 2, 3) : Différents taux de substitution de tourteau de soja par le tourteau palmiste.

3.2 EFFETS DE SUBSTITUTION DU TOURTEAU DE SOJA PAR LE TOURTEAU PALMISTE SUR LA CROISSANCE DES POULETS DE CHAIR.

De manière générale, il est nécessaire de retenir qu'à l'issue des analyses statistiques ; les différents taux de substitution de tourteau de soja par le tourteau palmiste n'ont induits aucune différence significative au seuil de 5% sur les performances de croissance de poulet de chair à Lubumbashi. Quoi qu'ils en soient, les tableaux ci-dessous, présentent des valeurs de GMQ, CAI et IC ; obtenues pendant la période d'observation.

- **Consommation alimentaire individuelle (CAI)**

Le tableau 5 ci-dessous, présente la consommation alimentaire individuelle enregistrée pendant la période expérimentale.

Tableau 5. Effet de substitution des tourteaux de soja par tourteaux palmiste sur la consommation alimentaire moyenne individuelle (CAI) en g/jour

Période (j)	Traitements alimentaires				p-value
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	
14- 21	243,62 ± 11,44	241,24 ± 8,19	231,32 ± 12,72	236,47 ± 11,99	N.S
21-28	157,90 ± 6,54	146,79 ± 13,79	148,78 ± 4,30	156,70 ± 10,66	N.S
28-35	178,93 ± 8,61	174,97 ± 26,85	182,50 ± 20,97	184,11 ± 12,74	N.S
35-42	243,62 ± 11,44	241,24 ± 18,19	231,32 ± 12,72	236,47 ± 11,99	N.S
14-42	175,07 ± 3,28	166,93 ± 17,96	171,70 ± 11,53	175,47 ± 10,48	N.S

N.S : non significatif, au seuil de signification de 5%.

• Gain Moyen Quotidien

Le tableau 6 ci-dessous présente les résultats sur le GMQ en g/jour pendant la période expérimentale.

Tableau 6. Effet de substitution des tourteaux de soja par tourteau palmiste sur le Gain Moyen Quotidien (GMQ) en g/jour.

Période (j)	Traitements alimentaires				p-value
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	
14- 21	30,55 ± 3,8	31,34 ± 2,75	32,53 ± 4,953	23,8 ± 6,3	N.S
21-28	43,25 ± 10,1	32,93 ± 9,6	35,31 ± 1,819	42,9 ± 8,3	N.S
28-35	62,23 ± 6,6	48,77 ± 2,02	44,00 ± 19,65	47,2 ± 18,5	N.S
35-42	112,3 ± 11,0	120,97 ± 29,9	131,70 ± 19,60	117,4 ± 3,9	N.S
14-42	62,085 ± 3,8	58,502 ± 8,7	60,887 ± 4,337	57,81 ± 4,9	N.S

Légende N.S : non significatif au seuil de de 5%.

• Indice de consommation(IC)

Les résultats sur l'IC des poulets nourris à base des rations expérimentales sont présentés dans le tableau 7.

Tableau 7. Effet de substitution des tourteaux de soja par tourteaux palmiste sur l'indice de consommation (IC).

Période (j)	Traitements alimentaires				p-value
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	
14- 21	3,97 ± 0,6	3,40 ± 1,1	3,89 ± 0,8	5,41 ± 1,0	N.S
21-28	3,81 ± 1,1	4,63 ± 0,9	4,22 ± 0,2	3,76 ± 0,8	N.S
28-35	2,88 ± 0,2	3,59 ± 0,6	4,99 ± 2,8	4,26 ± 1,4	N.S
35-42	2,18 ± 0,2	2,06 ± 0,4	1,78 ± 0,3	2,01 ± 0,1	N.S
14-42	2,82 ± 0,1	2,86 ± 0,1	2,8 ± 0,4	3,04 ± 0,1	N.S

Légende : N.S non significatif au seuil de de 5%

4 DISCUSSION

Dans l'ensemble, aucun taux de substitution n'a induit des effets significatifs sur la croissance des animaux. Cette situation corrobore les affirmations de [11], selon lesquelles chez la volaille, une incorporation de tourteaux palmiste de l'ordre de 15 à 20 %, ne causerait aucun effet néfaste sur les performances de croissance.

4.1 COMPOSITION BROMATOLOGIQUE CALCULÉE DES RATIONS EXPÉRIMENTALES

Au regard du tableau 3, il est important de retenir que les nutriments sont légèrement inférieurs aux recommandations standards de [24]. Selon [24], les besoins protéiques du poulet se présentent tels que la moyenne soit de 22.2 % de PB au démarrage, 20.4 % de PB en croissance et 18.9 % PB en phase de finition. Ceux-ci approchent les valeurs obtenues dans nos rations expérimentales pour le traitement témoin(T₀) et des valeurs légèrement inférieurs aux normes avec l'augmentation du

taux de substitution du tourteau de soja par les tourteaux palmiste. Au regard de nos résultats sur la baisse du taux protéique avec l'augmentation du taux d'incorporation du tourteau palmiste, ceci pourrait avoir un effet néfaste sur la croissance des animaux. La référence [25], démontre qu'une augmentation du taux protéique améliore les performances des poulets de chair, leur croissance musculaire et réduit l'engraissement. Concernant l'énergie métabolisable(EM), le guide d'élevage du poulet Cobb 500 recommande des valeurs entre 30108 et 3180 Kcal/kg respectivement pour la croissance et la finition. Le niveau d'EM obtenu dans nos rations expérimentales semble bien couvrir les besoins des animaux. Selon [25], le niveau énergétique et protéique des rations alimentaires a un effet sur les performances zootechniques, en occasionnant l'amélioration de la croissance musculaire et la réduction de l'engraissement. Le rapport EM/PB doit être de 160 pour la croissance 21 à 35 jours et 173 pour la finition c'est-à-dire du 36^{ème} jour. La composition énergétique des rations utilisées dans cette étude, était légèrement au-dessus des recommandations, ce qui permet d'en déduire que les besoins énergétiques ont été comblés pour chaque traitement. Le rapport EM/PB doit être, selon les recommandations, de 160 pour la croissance 21 à 35 jours et 173 pour la finition.

4.2 CONSOMMATION ALIMENTAIRE INDIVIDUELLE

Bien que les différents taux de substitution de tourteau de soja par le tourteau palmiste n'aient pas induit d'effet significatif sur la consommation alimentaire individuelle des animaux, le tableau 3 ci-dessous donne néanmoins les valeurs obtenues pendant la période expérimentale. A l'analyse de ce tableau, il est important de retenir que la CAI a évolué de manière croissante à partir de la deuxième, troisième et quatrième semaine d'âge et les valeurs moyennes de $175,07 \pm 3,28\text{g}$; $166,93 \pm 17,96\text{g}$; $171,70 \pm 11,53\text{g}$; $175,47 \pm 10,48\text{g}$ par jour respectivement pour T₀, T₁, T₂ et T₃ ont été signalées. La tendance de nos résultats est en accord à ceux obtenus par [26]. Selon [26], la consommation alimentaire individuelle du poulet de chair augmente avec son âge jusqu'à la dixième semaine pour diminuer par la suite. Comparé aux recommandations du sélectionneur de la souche, il s'observe des valeurs supérieures. Cela pourrait être lié à la température du milieu. D'après le guide de l'élevage [28], la température peut affecter la consommation des aliments et par la suite l'indice de consommation. En effet, l'élévation de la température ambiante chez le poulet provoque une baisse de la consommation et sa diminution cause l'augmentation de la consommation alimentaire.

4.3 GAIN MOYEN QUOTIDIEN

Il est important de souligner que ces valeurs ont été croissantes tout au long de l'expérimentation. Cette situation semble normale à notre avis. Selon [26], le Gain Moyen Quotidien augmente avec l'âge des animaux pour se détériorer par la suite au cours de la quatrième semaine (42 jours d'âge).

4.4 INDICE DE CONSOMMATION

Ces résultats montrent que les différents taux de tourteaux palmiste utilisés pour substituer le tourteau de soja n'ont induit aucun effet significatif au seuil de 5%. Au regard de nos résultats, il est nécessaire de relever que les valeurs de $2,82 \pm 0,12$; $2,86 \pm 0,13$; $2,8 \pm 0,38$; $3,04 \pm 0,13$ correspondent respectivement aux traitements T₀, T₁, T₂ et T₃. Nos résultats sont supérieurs à ceux proposés par les sélectionneurs de la souche. En effet, Selon Hubbard, l'indice de consommation de référence en poulet de chair est de 1,8 à 2,2 ; c'est à dire qu'il faut 1,8 à 2,2 kg d'aliments pour produire un kg de poids vif(PV) ; sachant que l'alimentation représente 60 à 80 % de l'ensemble des charges totales de la production du poulet, la croissance est d'autant plus élevée et L'IC est d'autant plus faible que l'aliment est dense EM [29].

L'IC est un paramètre permettant de tester l'efficacité de l'alimentation durant une période [25]. Le fait d'avoir des indices de consommations supérieurs par rapport aux normes, cela pourrait être lié aux gaspillages et la gestion inadéquate des mangeoires.

4.5 PARAMÈTRES ÉCONOMIQUES

Le coût de production d'un kg d'aliment était de 1465,73 FC ; 1413,55 FC ; 1342,75 FC et 1289,73 FC respectivement pour le traitement T₀, T₁, T₂ et T₃. Et le coût de production des aliments rapportés au Kg de poids vifs était de 4104 FC ; 3957,94 ; 3759,7 et 3869,20 FC. Pendant la période d'expérimentation, le prix de vente d'un Kg de poids vif s'élevait à 4090 FC sur le marché local. Le bénéfice brut alimentaire/ kg de Poids vif était respectivement de -14,04 FC ; 132,06 FC ; 330,3 FC ; 220,8 FC pour T₀, T₁, T₂, T₃. Ceux-ci ont conduit au calcul du bénéfice brut par rapport à la ration témoin : 146,1 FC ; 344,34 FC et 234,84 FC respectivement pour T₁, T₂ et T₃. En tenant compte des performances pondérales à 4 semaines, de l'évolution des GMQ, des

indices de consommation partiels et des coûts de production de 1 kg de poids vif, tous les traitements sont intéressants avec un avantage globalement les plus satisfaisants pour T₂.

5 CONCLUSION

Pour résoudre le problème de déficit en protéines d'origine animale auquel sont confrontés la plupart des pays en développement, l'élevage des animaux à cycle court notamment l'aviculture moderne a un rôle important à jouer. Cependant, les questions essentielles liées à l'alimentation des poulets font l'objet de plusieurs études. Pour combler le déficit entre la demande en protéines animales et le niveau de productivité de la volaille en Afrique, la stimulation de la production locale est obligatoire. Cette stimulation, devrait passer entre autres par l'amélioration de l'alimentation. Le défi actuel serait de trouver des alternatives aux sources protéiques habituelles par la valorisation des ressources alimentaires non-conventionnelles en aviculture. La présente étude avait pour objectif la valorisation de tourteau palmiste dans l'alimentation de poulet de chair à Lubumbashi. Les résultats de cette étude montrent que la substitution du tourteau de soja par le tourteau palmiste jusqu'à 15 % n'a induit aucun effet néfaste sur les performances zootechniques (la consommation alimentaire individuelle, le gain moyen quotidien et l'indice de consommation) et les paramètres économiques.

Certes, nos résultats affirment que le tourteau palmiste soit considéré sans doute comme une alternative au tourteau de soja dans l'alimentation des poulets de chair. Afin de renforcer les bases de nos affirmations, nous suggérons que des études soient menées en utilisant les mêmes doses à partir du démarrage afin de bien mettre en exergue les avantages économiques qui seraient induits par l'utilisation du tourteau palmiste dans l'alimentation de poulet de chair à Lubumbashi. Vu la variabilité de la valeur nutritionnelle au niveau de la littérature, qu'une étude soit menée pour évaluer celle du tourteau palmiste disponible dans nos milieux.

REFERENCES

- [1] Geoffroy F, Naves M, Saminadin G, Borel H, Alexandre G, 1991. Utilisation des ressources alimentaires non conventionnelles par les petits ruminants. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.* 105-112.
- [2] Dahouda M., Toleba S.S., Youssao A.K.I., Mama ALI A.A., Ahounou S. et Hornick J. L., 2009a. Utilisation des cossettes et des feuilles de manioc en finition des pintades (*Numida meleagris*, L) : performances zootechniques, coûts de production, caractéristiques de la carcasse et qualité de la viande. *Annales d. Médecine Vétérinaire.* 153, 82-87.
- [3] Imorou Toko Ibrahim 2007. Amélioration de la production halieutique des trous traditionnels à poissons (whedos) du delta de l'Ouémé (sud Bénin) par la promotion de l'élevage des poissons-chats *Clarias gariepinus* et *Heterobranchus longifilis*. Prom. : Kestemont, Patrick.
- [4] D'Mello JPF, 1992. Nutritional potentialities of fodder trees and fodder shrubs as protein sources in monogastric nutrition. In: Speedy A., Pugliese P.-L. (Eds.), *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock*.-Rome: FAO.-339p.
- [5] Basak B, Pramanik MdAH, Rahman MS, Tarafdar SU, Roy BC, 2002. Azolla (*Azolla pinnata*) as a feed ingredient in Broiler ration. *International Journal of Poultry Science* 1, 29-34.
- [6] Boudouma A D et Berchiche M 2010. Performances du poulet de chair recevant des régimes alimentaires à base de son de blé dur. Journée d'étude sur le bon usage des sons cubés .ITMA-Sétif30 mai, 136 p.
- [7] Sauvart D., Perez, J., M. et Tran G., 2004, Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : Porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux et poissons, 2ème édition, éd. INRA, Paris, pp. 74-289.
- [8] Wood, J.F., Carter, P.M et Savory, R 1983, Investigations into the effects of processing on the retention of carotenoid fractions of *Leucaena leucocephala* during storage and the effects on mimosine concentration. *Anim. Feed Sci. Technol.* 9: 307-317,
- [9] Carvalho G.G.P. de Pires.A.J.V ; Garcia R., Veloso, C.M. Silva, R.R. Mendes, F.B.L, Pinheiro,A.A. Souza, D.R. 2009. In degradability of dry matter, crude protein and fibrous fraction of concentration and agroindustrial by-products. *Ciencia Anim.Bras.*, 10(3): 689-697.
- [10] PromkotC,Wanapat M, Mansathit J. Effects of yeast fermented-cassava chip protein (YEFECAP) on dietary intake and milk production of Holstein crossbred heifers and cows during pre- and post-partum period. *Livest Sci* 2013;154: 112e6.
- [11] FAO, 2004. Production en aviculture familiale. Rome, p140.
- [12] Jentsch H., Pomowski R., Kundt G., GoCke R. 2003. Rostock feed evaluation system: reference numbers of feed values and requirement on the base of net energy. Plexus verlag.

- [13] Chanjula P, Ngampongsai W, Wanapat M 2007. Effects of replacing ground corn with cassava chip in concentrate on feed intake, nutrient utilization, rumen fermentation characteristics and microbial populations in goats. *Asian-Aust J Anim Sci.*;20:1557e66.
- [14] Hanif, M.A., Hamid, M.A., Reza, M.A et Meah, MN. 1985. A comparative study of *Ipil-Ipil* and bean leaf meal on the performance of growing chicks [in Bangladesh]. *Bangladesh J. Anim. Sci. (Bangladesh)*. 14 (1-2): 3642.
- [15] Grant, G., Greer, F., McKenzie, N.H et Puszatai, A. 1985. Nutritional response of mature rats to kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) lectins. *J. Sci. Food Agric.*, 36: 409-414.
- [16] Huart 2004. La production de la volaille dans le monde et en Afrique.
- [17] Isabelle B., 2013. Diversification des matières premières en aviculture et durabilité des productions. France, 13ème Journée Productions porcines et avicoles. p6.
- [18] Malaisse F., 1990. La couverture végétale de Lubumbashi. In Bruneau J.C., Pain M., (Ed), atlas de Lubumbashi. Edition publidix, université Paris X- Nanterre, pp 30-31.
- [19] Mujinya B.B., Mees F., Boeckx P., Bode S., Baert G., Erens H., Delefortrie S., Verdoodt A., Ngongo M.L and Van Ranst E 2011. The origin of carbonate in the termite mounds of the Lubumbashi area, DR Congo. *Geoderma*. 165, 95-105.
- [20] INRA 2004. Tables de composition et de valeurs nutritives des matières premières destinées aux animaux d'élevage : Porcs, volailles, Bovins, Ovins, Caprins, Lapins, Chevaux, Poissons. 2 ème edition Revue et corrigée. INRA. Edition, Paris, France.
- [21] Mahamat 2013. Performances zootechnico-économiques et caractéristiques de carcasse des poulets de chair (Hubbard F15) nourris aux rations à base de feuille de *leucaena leucocephala*(LAM) au sénégal. Mémoire inédit en ingénierie de production animale. Université de Cheikh anta diop de Dakar.p44.
- [22] Dhaouadi I. 2009b. Etude de l'intérêt des matières premières de substitution dans la fabrication des aliments composés et l'effet de substitution de son de blé par la coque de soja dans l'alimentation des vaches laitières. Projet de Fin d'Etudes pour l'obtention du diplôme national d'ingénieur agronome. Institution de la recherche et de l'enseignement supérieur agricoles. Tunisie, p95.
- [23] Gouridine J.L., 2007. Analyse des facteurs limitant les performances de reproduction élevées sous un milieu tropical humide. Thèse de doctorat, Institut national agronomiques. Paris – Grignon.
- [24] Issa S., Idi A., Diamatou B et Dan Gomma A. 2002. Perspectives pour l'aviculture au Niger.- Niamey : INRAN, Département de Production Animale. p 25.
- [25] Laurel C 2006. Evaluation des performances zootechniques et économiques en période post réforme d'élevage de poulets de chair (souches Cobb 500 et Jupiter) dans la région de Dakar. Présenté et soutenue publiquement pour obtenir le grade de docteur en médecine vétérinaire (diplôme d'Etat).université CHEIKH Anta Diop de Dakar. Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires (E.I.S.M.V.).
- [26] Guide d'élevage poulets de chair Cobb 2008. Available from INTERNET: « [http:// www.cobb-vantress.com](http://www.cobb-vantress.com) »
- [27] Hubbard 2012. Manuel d'élevage de poulet de chair. Hubbard, croissance rapide. p11
- [28] Hornick J., Akoutey A. et Istasse L 2003. Nutrition animale et bromatologie tropicales. Available: <http://webct.nutrition.be>

CULTURE AND RISK NEXUS : THE ROLE OF CULTUREL RISK MANAGEMENT ON TERRITORIAL DEVELOPMENT IN MOROCCO

ABDERRAHIM EL HAMDANI¹, MOHAMED HADDY¹, and ABDERRAZAK ELKILALI²

¹Institut National d'Aménagement et d'Urbanisme, Rabat, Morocco

²Faculty of Juridical, Economic and Social Sciences - Souissi, Rabat, Morocco

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper presents the application of a proposed analytical framework that takes cultural dimensions as main parameters to explain territorial development processes. It is illustrated through the analysis of flood risk management in Morocco. This paper explores this relationship and suggests that a cultural studies approach, despite its weaknesses, potentially revitalizes the significance of culture in relationship to territorial development. It aims to help planners and policy makers to better understand how local planning cultures should be taken into consideration in policy planning processes. The culture -territorial development conceptual framework shows a high level of validity and applicability to explain territorial development processes in the Moroccan cultural contexts. The paper addresses three principal elements that are necessary for understanding relations between culture and territory development, local planning cultures and spatial development outcomes. They are (i) three facets of culture expressions relating to flood risk management – risk perception, conception on human-nature relationships and conception on human relationships; (ii) four fundamental factors (physical conditions, attributes of the community, formal institutions and informal institutions) and their interrelationships that condition decision-making processes; and (iii) three change-determining factors (diversity, consistency and power relations).

KEYWORDS: culture, Risk, territorial development, culturel policies, risk management, culture-risk nexus.

INTRODUCTION

Until recently, economists have been reluctant to rely on culture as a possible determinant of economic phenomena. Conventional development thinking has of course separated the economic from the cultural, hence the reaction marked by the '**culture and territory development**' debate. However, as economic anthropologists have long been aware, not only is the economy embedded in culture, but it is itself culture /a system of values, evaluations, processes of production, consumption, and exchange, and of social arrangements predicated upon particular patterns.

Territorial development in this Moroccan context is considered as a result of the complex and dynamic institutional arrangements of interconnected social-ecological systems in a given territory and The framework was developed to facilitate an analysis of territorial development processes taken culture as an important element shaping planning processes and spatial outcomes.

RESEARCH QUESTIONS

In light of this background, this study aims to address three important and interrelated questions: to what extent the culture of risk in Morocco affects territorial development.

OBJECTIVES OF RESEARSH

- Involving the various stakeholders at the different levels of government.
- Contributing to the evaluation of Morocco's territorial development policies.
- Offering recommendations for meeting current and future challenges.

METHODOLOGY OF RESEARSH

Review of existing theoretical literature of culture-risk and culture -territorial development in Morocco.

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL POINTS AND FRAMEWORK OF RESEARCH ON THE CULTURE - RISK NEXUS : CLASSIFICATION OF RESEARCH CONCEPTS

THE MEANINGS OF CULTURE

Culture is complex and multidimensional. It is in fact too complex to define in simple terms. The word 'culture' apparently came from the Latin cultura, which is related to cultus, can be translated as 'cult' or 'worship'. This meaning is helpful in understanding the use of the term. Members of a cult believe in specific ways of doing things, and thus develop a culture that enshrines those beliefs. Culture includes knowledge, belief, art, moral, law, custom and any other capabilities and habits acquired by man as a member of society (Taylor¹; Hofstede²). Culture has been defined by different authors as follows:

- all the historically created designs for living, explicit and implicit, rational, irrational, and non-rational, which exist at any given time as potential guides for the behaviour of men³
- 'the integrated sum total of learned behavioural traits that are shared by members of a society'⁴
- 'the collective programming of mind which distinguishes one group from another'⁵
- 'culture is learned, shared, compelling, interrelated set of symbols whose meaning provides a set of orientations for members of a society. These orientations, taken together, provide solutions to problems that all societies must solve if they are to remain viable'⁶.

The definitions being proffered in anthropology textbooks of the immediate post-war years , However , Culture is a reflexive concept, and a slippery and ubiquitous concept. Initially, culture was associated with the notion of civilization tout-court and Except as a totally abstract category its definition is always contingent upon its historical location, contemporary understandings of the relationships between culture and nature, the politics of the moment, the uses within social theory to which it is being put.in spite of , the idea of culture as process, she has a number of exponents, among whom might be included **Jonathan Friedman** with his notion of culture as a complex negotiation of identity now irretrievably embedded in globalisation and linked also with consumption as the dominating cultural form of late capitalist society. Likewise **Arjun Appadurai** who also locates contemporary understandings of culture in the context of globalisation and the flows and hybridities that characterise that culture, locates it too in relation to modernity, localities in which global cultures are reproduced and modified, and ideas of scale and spatiality.

SOCIOLOGICAL APPROACH OF CULTURE

La culture is a source of satisfaction , she plays a very special role for territorial development . Not only does it represent a specified of activities, encompassing the safeguarding and promoting of heritage in all its forms (both tangible and intangible),

¹Taylor, E. (1871), *Origins of culture*, Harper & Row, NY

²Hofstede, G.H. (1983), 'Cultural constraints in management theories', *Academy of Management Executive*, 1983 Vol. 7 No. 1.

³Kluckhohn, C. and Kelly, W.H. (1945), 'The concept of culture', *The Science of Man in the World Crisis*, p. 78-106, Linton, R. ed. Columbia University Press, NY.

⁴Hoebel, A. (1960). *Man, culture and society*, Oxford University Press, NY, p. 168.

⁵Hofstede, G.H. (1983), 'Cultural constraints in management theories', *Academy of Management Executive*, 1983 Vol. 7 No. 1

⁶Terpstra, V. and David, K. (1991), *The cultural environment of international business*, South-Western, Cincinnati, p. 6.

encouraging creativity (particularly in the cultural industries), and facilitating mutual understanding through intercultural dialogue.

Contemporary cultural sociology seems to offer a suitable theoretical framework for the study of the cultural dimension, its main exponent **Jeffrey Alexander**⁷ (1998, 2003, 2006, Alexander & Smith, 2002; Alexander & Reed⁸) and other proponents (**Baiocchi**⁹; **Connor**¹⁰; **Jacobs**¹¹; **Jacobs & Smith**¹², **Ku**¹³, **Smith**¹⁴), are concerned with how events, actors and institutions acquire significance through cultural codes, narrative genres and metanarratives. It is therefore a suitable tool for developing an integrated approach that would serve to explain the structures and changes in educational phenomena on the cultural plane. The approach of cultural sociology is based on the central argument that culture has relative autonomy¹⁵, which means that culture is not reducible to other factors (social and economic), nor is it merely an analytical dimension of society. Rather, it is an important semantic structure, and its impact both affects the meanings of social phenomena, and offers a repertoire for the creation of symbolic boundaries between groups, as well as helps to create their identity. For this reason, it stands out as a suitable vehicle to address the cultural dimension socio-historical phenomena.

SOCIOLOGICAL APPROACH TO RISK

The meaning of the word 'risk' has not received much attention in the literature until recently, just as the concept of 'corporate governance' was not well recognised thirty years ago. Economic idealism demarcated risk as being a separate category from uncertainty – a distinction which subsequently shaped and influenced operational strategies for the management and regulation of risk in organisations. Research defines risk as an uncertain event that, if it occurs, has a negative or positive impact on one or more project objectives¹⁶. Risk can be defined as the combination of the probability of an event and its consequences¹⁷. Risk can also be simply defined as the future issues which can be avoided or mitigated, or the probability of something happening. Or risk can be defined more formally as combination of the likelihood of the occurrence of a hazardous event with the accompanying possible loss, catastrophe, or other undesirable outcome involved (Knight, 1921; Hubbard, 2007). Risk is generally defined as a strategy referring to instrumental rationality. But it is interpreted as one strategy among others to transform uncertainty regarding future expectations to a manageable entity. That risk is seen as one specific way to make an uncertain future manageable that is valid on the organisational and institutional level as well as on the individual level.

⁷Alexander, J., C. (1998). Citizen and Enemy as Symbolic Classification: On the Polarizing Discourse of Civil Society. In J., C. Alexander (ed.). *Real Civil Societies: Dilemmas of Institutionalization*. London: SAGE.

⁸Alexander, J., C. & Reed, I. (2009). *Cultural Sociology*. In B. S. Turner (ed.). *The New Blackwell Companion to Social Theory*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

⁹Baiocchi, G. (2006). The Civilizing Force and Social Movements: Corporate and Liberal Codes in Brazil's Public Sphere. In *Sociological Theory* 24(4): 285-311.

¹⁰Connor, B., T. (2012). 9/11 – A New Pearl Harbour? Analogies, Narratives and Meaning of 9/11 in Civil Society. In: *Cultural Sociology* 6(1): 3-25.

¹¹Jacobs, R., N. (2000). *Race, Media and Crisis of Civil Society*. Cambridge: Cambridge University Press. Jacobs, R., N. (2001). The Problem with Tragic Narratives: Lessons from the Los Angeles Uprising. In *Qualitative Sociology* 24(2): 221-243. Jacobs, R., N. & Smith, P. (1997). Romance, Irony, and Solidarity. In *Sociological Theory* 15(1): 60-80

¹²Jacobs, R., N. & Smith, P. (1997). Romance, Irony, and Solidarity. In *Sociological Theory* 15(1): 60-80.

¹³Ku, A., S. (2001). Hegemonic Construction, Negotiation and Displacement: The Struggle over the Right of Abode in Hong Kong. In *International Journal of Cultural Studies* 4(3): 259-78

¹⁴Smith, P. (1991). Codes and Conflict: Toward a Theory of War as Ritual. In *Theory and Society* 20: 103-138. Smith, P. (2006). *Why War? The Cultural Logic of Iraq, the Gulf War, and Sues*. Chicago: University of Chicago Press.

¹⁵Alexander, J., C. (ed.). (2003). *The Meanings of Social Life: A Cultural Sociology*. Oxford: Oxford University Press.

¹⁶Chapman, C.B., Ward, S., 2003. *Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights*. John Wiley & Sons.

¹⁷ISO/IEC Guide 73 2002 Risk Management, available on www.4shared.com/get/VFiN5Jf5/ISO-IEC_Guide_73_2002_Risk_Man.html, accessed 30 June, 2009

TABLE / risk perception theoretical approach source OrtwinRenn

Research Scope	Short Description	General Assumption	Application for Risk Perception
Decision Theory	Matching the decision process with normative model of rational reasoning	Maximizing utility of individuals or groups	Investigating the discrepancies between normative risk assessment and intuitive perception
Psychological Decision Theory	Analysis of the individual decision making process	Existence of typical sequential structures to make judgments under uncertainty	Investigating the cognitive structure of the risk perception process
Social-Psychological Theory	Analysis of the social environment as a determinant for the decision making process	Dominance of social influence factors in perceiving and evaluating risks	Investigating the influence of value commitments, social judgment and communication processes on the individual decision making process
Sociological Theory	Effects and implications of social interrelations between groups and institutions on collective decision making	Risk taking as an element of social exchange regarding resources and power	Investigating the interests and social positions which impose specific risk perception procedures

The following definitions are needed to understand the different approaches to study risk perception. Risk Perception:

Risk perception	describes the process of mentally representing and assimilating the likelihood of adverse events that are connected with certain objects or activities and that might occur in the future (Renn, 1981).
Risk Acceptance:	Risk acceptance reflects the results of balancing positive and negative consequences and their probabilities by forming a general evaluative judgement of the riskiness of a certain object or activity (Renn, 1981).
Values:	A value is a conception, explicit or implicit, distinctive of an individual or characteristic of a group, of the desirable which influences the selection from available modes, means, and ends of action (Kluckhorn, 1951).
Belief."	A belief represents the cognitive images that a person possesses about a given object, i.e., it is a probability judgement whether an attribute is or is not associated with the perception of an object- and if it is, to what degree it is associated. The subjective feeling of goodness or badness which is linked with each attribute refers to the effect a person might have and is called subjective evaluation (Fishbein and Ajzen, 1975).
Attitude:	Attitude is a mental and neural state of readiness, organized through experience, exerting a directive or dynamic influence upon the individual's response to all objects and situations with which it is related (Allport, 1935).

THE CULTURE - RISK LINKAGE : LITERATURE REVIEW

The term risk refers to a variety of concepts that vary according to the sources of risk, the dimensions of risk, the risk debate, which interprets risks on the one hand as something that could be described independently of the social context and on the other hand gives a subjective and social interpretation of these objective risks (e.g. Slovic 1999). Risks as social constructions Since Douglas worked on risk and culture, a central assumption in sociology is that risk is a social construction in a particular historical and cultural context, but there are different notions of constructivism.

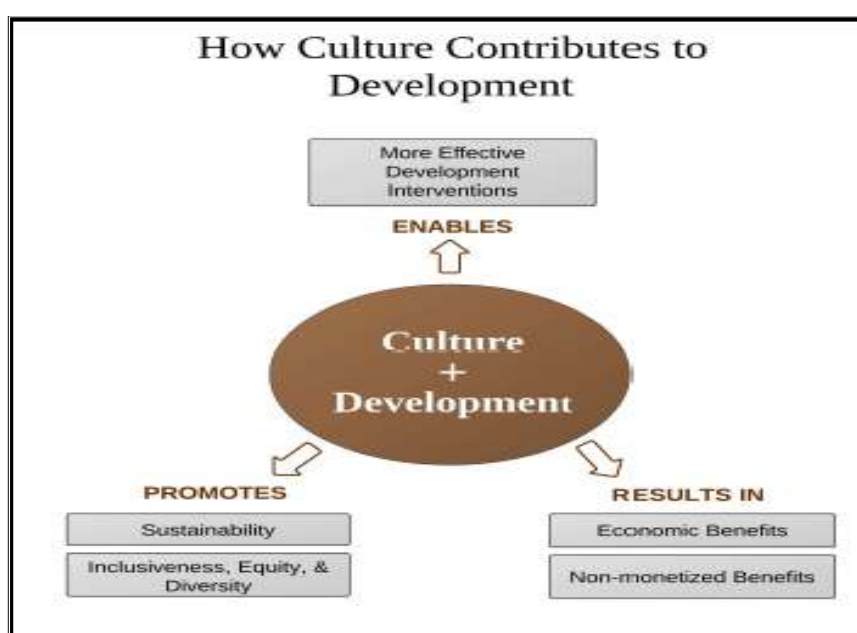
In spite of, the risk and culture approach draws on the grid/group scheme of Douglas and Wildavsky (1982, Douglas 1985, Thompson/Wildavsky 1982, Thompson et al. 1990) that was developed to understand different logics of risk as they are expressed in social groups or organizations. There is no access to objective risk independent from the social, and risk interpretations are not absolutely independent from objective events although such events are not immediately and objectively accessible. In order to avoid the loss of awareness for the social construction of objective risk sociological authors refer to constructivist ideas (e.g. Krohn/Krücken 1993, Adam/Van Loon 2000, 2). Wynne, for example, calls the

epistemological standpoint recognizing the inseparable quality of culture and nature constructivist realism¹⁸. This insight has significant consequences for the distinction between lay knowledge and scientific knowledge or lay and expert risk-perception and -taking. From a constructivism viewpoint, there is no epistemological superiority between these different knowledge systems. They are just different, and these differences in social production and reproduction are important in the context of risk-taking. However, the central assumption is that there is a relation between modes of social organization and the responses to risk and that culture are adequately represented by the dimensions of the grid/group scheme. Research on risk and culture can be divided into a quantitative standardized approach and a qualitative approach. The attempt of standardised studies on risk culture is to examine how people's risk perception is culturally biased. It shows that only a minor part of variance of perceived risk can be explained by culture (e.g. Sjöberg 1997, 113; Brenot et al. 1998, 730).

Although, the central critique of the risk and culture approach concerns the reduction of social risk-perception to the categories of cultural bias used. Assumptions about risk perception are far more complex and dynamic than the categories of the culture of risk approach imply (Renn et al. 1992; Boholm 1996). The perspective of the socio-cultural approach to risk could be interpreted as a descendent of the cultural theory approach, relieved of the functionalist view in the work of Douglas/Wildavsky

THE CULTURE - TERRITORIAL DEVELOPMENT LINKAGE

Debates in development theory have recently swung back to taking seriously the relationship of culture to territory development. Placing culture at the heart of development policy constitutes an essential investment in the world's future and a pre-condition to successful globalization processes that take into account the principles of cultural diversity. especially in the face of manifest failures of conventional approaches to economic growth and social transformation. the concept of culture itself is undergoing critical examination, and when cultural studies has emerged as a major challenge to anthropology's self-defined specialisation in the social-scientific analysis of culture. Few attempts have been made, however, to relate cultural studies and development studies, despite the fact that the relatively recent 'cultural turn' in the social sciences has derived largely from the currently fashionable status of cultural studies and its multidisciplinary nature.



Source : Stlucianewsonline

¹⁸ Wynne, H. J. (2002). Introducing the Canadian problem gambling index. Edmonton, AB, Canada: Wynne Resources.

In the last year, a very important debat about culture and his role to development has been installed with increasing force, from different areas of development and also from different multilateral organizations and national governments with an impact on the subject. In spite of , Culture and Development had argued along similar lines that cultural diversity is not simply an asset to be preserved but a resource to be promoted, with particular regard to its potential benefits, including in areas relatively distant from culture in the strict sense. development is not synonymous with economic growth alone. It is a means to achieve a more satisfactory intellectual, emotional, moral and spiritual existence. As such, development is inseparable from culture. Strengthening the contribution of culture to sustainable development is a goal that was launched in connection with the World Decade for Cultural Development (1988-1998) . In this regard, the major challenge is to convince political decision-makers and local, national and international social actors to integrating the principles of cultural diversity and the values of cultural pluralism into all public policies, mechanisms and practices, particularly through public/private partnerships.

THE CULTURE - TERRITORIAL DEVELOPMENT LINKAGE : BENCHMARKING

Four different dimensions were explored to explain the diversity of successful experiences observed **throughout Europe**.

These four axes of analysis allow an understanding of the 'territory milieu cultural creativity' triangle, in terms of all the diversity of situations implicit in the different case studies observed, in each of the following four dimensions of analysis: . Axis I) The cultural conditions: some experiences were based on the abundance of indigenous supply, others on the scarcity of indigenous supply, and still others on the presence of intercultural influences . Axis II) The territorial conditions: some experiences relied on agglomeration and concentration, others on high levels of networking, and still others benefited from marginalization and closure . Axis III) The 'genetic' characteristics of the initiative: some cases demonstrated creativity as a set of emergence phenomena, while in other cases it was the presence of specific 'creativity-relevant' policies, and in still others it resulted from specific cultural motivations . Axis IV) Their effects: some of the experiences reveal cultural wealth, others worked as key elements in local development, and yet others essentially enhanced territorial resources.

THE CULTURE - TERRITORIAL DEVELOPMENT IN MOROCCO : THE DEBATE OF TERRITORY DEVELOPMENT MODELS

Morocco has implemented since 2015, the "advanced regionalisation" reform, which gives the elected regions greater competences in terms of economic development and additional financial and human resources. The regions become major partners of the government for territorial development and attractiveness at the national and international levels. This reform, which aims to bring public decision closer to local realities, has raised many expectations in a country where social and territorial disparities are important issues. Coordination and implementation of public decisions need to be improved.in spite of , Evolution in policies to territorial development reflects an ambitious strategic focus on territorial development.....yet they do not seem to have been accompanied by implementation mechanisms to support the institutions in charge of delivery and to evaluate impact.

However ,Morocco Morocco has implemented different approaches and policies to territorial development, Morocco is a country rich in history, tradition and culture most of which is tied to it's official religion of Islam. The Berbers are believed to be the original inhabitants around 8000 BC, and still make up a large part of the population today. Since then it has been settled, colonized and reclaimed by several different nations including the Phoenicians during the Roman Empire, the flourish of Islam under Idrisid Empire, the Alouite Dynasty, and French and Spanish protectorate lasting until 1956 when Morocco gained its independence from France. Many of the customs, laws, and practices within Islam widely influence the people and the culture of Morocco today.



The culture of Morocco reflects the Berber and Arab influences represented by its population. The majority of Morocco's population identifies as Berber and Arab. At least a third of the population speaks an Amazigh language. Following the Islamic conquests, Arab tribes came to Morocco and settled in the low regions, such as Tadla and Doukkala. For example, there are groups called Charkawa and Arbawa who settled in Morocco from Arabia. The Charkawa claimed to be descended from Umar ibn Al-Khattab, the second caliph of Islam. In general, Moroccan culture can be an exciting and worldly experience. The people are friendly and the place is colorful.

Hospitality is really a part of their culture so you can strike up friendships virtually anywhere if you have the right attitude. Usually this results in further association with these dynamic and interesting people and a real taste of Moroccan life.

Territorial Development Models

the models of territory development have changed based on political, economic, and social needs. The earliest development models were developed using several assumptions:

Modernization Model

This model is focused on change through economic growth. It is the basic model outlined above in the background information on the World Bank and International Monetary Fund. Material progress through industrialization, market expansion, and technological innovation are key components as is a democratic political system with consolidated power vested in the state. Material progress would result in better lives for the citizenry even if the environment and society suffered.

Growth-Oriented territory Development Model

Drawing on the modernization model and Rostow's stages of growth theory, the growth-oriented development model proposes that a trickle-down effect will occur when there is investment in economic growth. As wealth increases for those investing in economic growth, some of the wealth will make its way down to those less well off thereby positively impacting human welfare.

Human territory Development Model

In this model, the focus is on investment in human welfare, better education, health care, security, and safety, with the belief that it will lead to economic growth (Miller 2011).

Sustainable territory Development Model

Probably the most recent development model, sustainable development focuses on the conservation of non-renewable resources and, in some cases, survival of indigenous peoples. This model also proposes investment in development projects that are financially sustainable over time.

Indigenous territory Development Model

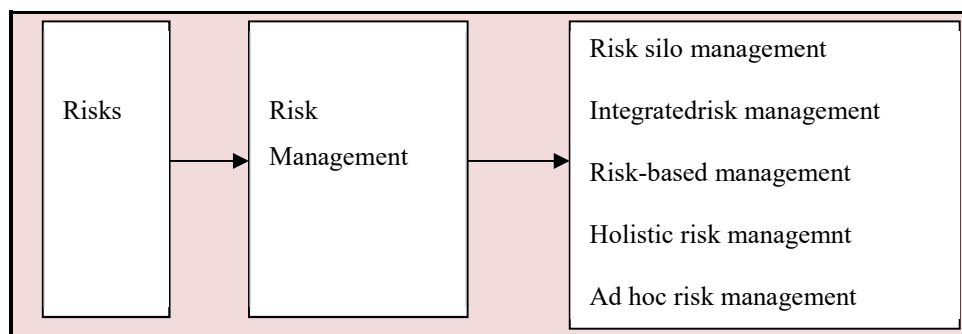
Indigenous development models draw on local cultural practices to promote realistic change and not overinnovation.

THE IMPACT OF CULTURE ON RISK MANAGEMENT DISCLOSURES

To sum up the above definitions, culture can be described as the collection of values, beliefs, behaviours, customs and attitudes that distinguish a society. Culture is a construct that means it is not directly accessible to observation but inferable from verbal statements and other behaviours and useful in predicting still other observable and measurable verbal and nonverbal behaviour. Culture has both a normative (inter-subjective) and a behavioural (objective) component. A society's culture provides its members with solutions to problems of external adaptation and internal integration (Herskovits¹⁹; Downs²⁰; Hofstede²¹). Culture can be studied at different levels²²:

- international (East v West)
- national culture (Chinese culture)
- regional culture or subculture

Over the past 30 years, researchers have attempted to develop a composite picture of culture by studying the differences among cultural values. Various researchers have tried to classify values. Hofstede, one of the most famous researchers in the field of culture, designed studies to measure constructs such as beliefs, attitudes, and personality to infer values. Hofstede has tried to quantify the values of different countries using scores for different characteristics. He carried out a large research project between 1967 and 1973, the IBM study, across 50 countries, as well as a series of follow-up studies on other samples. Many empirical studies that were based on Hofstede's (1980) evidence take culture to be a static variable and, therefore, quite stable within a given context



It should address methodically all the risks surrounding the organisation's activities for the past, the present and in particular, the future, that is, in a proactive way. Risk management should foresee any possible exposure to risk. For risk

¹⁹ Herskovits, M. J. (1955), Cultural anthropology, Knopf, N.Y

²⁰ Downs, J.F. (1971), Culture in Crisis, Glencoe Press, Beverly Hills, Calif.

²¹Hofstede, G.H. (1983), 'Cultural constraints in management theories', Academy of Management Executive, 1983 Vol. 7 No. 1.Hofstede, G.H. (1984), 'Cultural dimensions in management and planning', Asia Pacific Journal of Management January, p. 81-99. Hofstede, G.H. and Bond, M.H. (1988), 'The Confucius connection: from cultural roots to economic growth', Organizational Dynamics16(4).

²²Hofstede, G.H. (2001), Culture'sconsequences: comparing values, behaviors, institutions, and organisations across nations, Sage Publications.

management to be effective, it must be integrated into the culture of the organisation with an effective policy and a proper structure or framework.

REFERENCES

- [1] Taylor, E. (1871), *Origins of culture*, Harper & Row, NY.
- [2] Hofstede, G.H. (1983), 'Cultural constraints in management theories', *Academy of Management Executive*, 1983 Vol. 7 No. 1.
- [3] Kluckhohn, C. and Kelly, W.H. (1945), 'The concept of culture', *The Science of Man in the World Crisis*, p. 78-106, Linton, R. ed. Columbia University Press, NY.
- [4] Hoebel, A. (1960). *Man, culture and society*, Oxford University Press, NY, p. 168.
- [5] Hofstede, G.H. (1983), 'Cultural constraints in management theories', *Academy of Management Executive*, 1983 Vol. 7 No. 1
- [6] Terpstra, V. and David, K. (1991), *The cultural environment of international business*, South-Western, Cincinnati, p, 6.
- [7] Alexander, J., C. (1998). *Citizen and Enemy as Symbolic Classification: On the Polarizing Discourse of Civil Society*. In J., C. Alexander (ed.). *Real Civil Societies: Dilemmas of Institutionalization*. London: SAGE.
- [8] Alexander, J., C. & Reed, I. (2009). *Cultural Sociology*. In B. S. Turner (ed.). *The New Blackwell Companion to Social Theory*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- [9] Baiocchi, G. (2006). *The Civilizing Force and Social Movements: Corporate and Liberal Codes in Brazil's Public Sphere*. In *Sociological Theory* 24(4): 285-311.
- [10] Connor, B., T. (2012). *9/11 – A New Pearl Harbour? Analogies, Narratives and Meaning of 9/11 in Civil Society*. In: *Cultural Sociology* 6(1): 3- 25
- [11] Jacobs, R., N. (2000). *Race, Media and Crisis of Civil Society*. Cambridge: Cambridge University Press. Jacobs, R., N. (2001). *The Problem with Tragic Narratives: Lessons from the Los Angeles Uprising*. In *Qualitative Sociology* 24(2): 221-243.
- [12] Jacobs, R., N. & Smith, P. (1997). *Romance, Irony, and Solidarity*. In *Sociological Theory* 15(1): 60-80.
- [13] Ku, A., S. (2001). *Hegemonic Construction, Negotiation and Displacement: The Struggle over the Right of Abode in Hong Kong*. In *International Journal of Cultural Studies* 4(3): 259-78
- [14] Smith, P. (1991). *Codes and Conflict: Toward a Theory of War as Ritual*. In *Theory and Society* 20: 103-138. Smith, P. (2006). *Why War? The Cultural Logic of Iraq, the Gulf War, and Sues*. Chicago: University of Chicago Press.
- [15] Alexander, J., C. (ed.). (2003). *The Meanings of Social Life: A Cultural Sociology*. Oxford: Oxford University Press.
- [16] Chapman, C.B., Ward, S., 2003. *Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights*. John Wiley & Sons.
- [17] ISO/IEC Guide 73 2002 Risk Management.
Available : www.4shared.com/get/VFiN5Jf5/ISO-IEC_Guide_73_2002_Risk_Man.html, accessed 30 June, 2009
- [18] Herskovits, M. J. (1955), *Cultural anthropology*, Knopf, N.Y
- [19] Downs, J.F. (1971), *Culture in Crisis*, Glencoe Press, Beverly Hills, Calif.
- [20] Hofstede, G.H. (1983), 'Cultural constraints in management theories', *Academy of Management Executive*, 1983 Vol. 7 No. 1. Hofstede, G.H. (1984), 'Cultural dimensions in management and planning', *Asia Pacific Journal of Management* January, p. 81-99. Hofstede, G.H. and Bond, M.H. (1988), 'The Confucius connection: from cultural roots to economic growth', *Organizational Dynamics* 16(4).
- [21] Hofstede, G.H. (2001), *Culture's consequences: comparing values, behaviors, institutions, and organisations across nations*, Sage Publications.

La responsabilité sociale des entreprises et l'éco-innovation : Concept et terminologie

[The social responsibility of companies and eco-innovation : Concept and terminology]

Jihane LAHROUR

Doctorante, CEDOC, Laboratoire Management des organisations, University Mohamed V Souissi, FSJES Souissi, Rabat, Maroc

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Today the subject of the social responsibility of companies is a universal debate, in the various recoveries that it is in international symposiums, exhibitions of business or in academic conferences. The objective it is that Morocco adopt a strategy of opening with respect to the international economy. For this purpose, Moroccan companies which target internationalization, the improvement of their competitiveness and sustainable development of their environment, are supposed to assume and integrate in their chains of value the principles of the corporate social responsibility.

The challenge consists to make sensitive companies, in setting up in their processes of production of the new models of ecological affairs (Eco-innovation), allowing to improve their performances economic and assuring afterward a corporate social responsibility towards the environment.

From all that we are going to present, we can consider the concept of Eco Innovation a strategic tool, capable of helping the decision-makers realize the principles of her *corporate social responsibility*, and to establish a culture of the responsible company.

For that purpose, the main objective of this article is to define the notion of the social responsibility of companies as well as the notion of the eco-innovation and to tie up well their ends (purposes).

KEYWORDS: Corporate social responsibility, green economy, Eco-innovation, sustainable development, Green company, strategic management.

RÉSUMÉ: Aujourd'hui le sujet de la responsabilité sociale des entreprises (RSE) est un débat omniprésent, durant différentes reprises que ce soit dans des colloques internationaux, des expositions d'affaires ou bien dans des conférences académiques. La raison c'est que le Maroc adopte une stratégie d'ouverture vis-à-vis de l'économie internationale. A cet effet, les PME marocaines qui ciblent l'internationalisation, l'amélioration de leur compétitivité et le développement durable de leur milieu, sont censées d'assumer et d'intégrer dans leurs chaînes de valeur les principes de la responsabilité sociale des entreprises.

Le challenge consiste donc à sensibiliser les entreprises, à mettre en place dans leurs processus de production des nouveaux modèles d'affaires écologiques (éco-innovation), permettant d'améliorer leurs performances économiques et assurant par la suite une responsabilité sociale des entreprises vis-à-vis de l'environnement.

Actuellement, les secteurs d'agroalimentaire et de l'artisanat font le pilier majeur de l'économie verte du pays. Alors que la notion de la responsabilité sociale des entreprises est considérée comme un composant majeur des fondements de l'économie verte.

A partir de tout ce que nous allons présenter, on peut considérer le concept de l'Eco-innovation comme un outil stratégique, capable d'aider les décideurs à réaliser les principes de la responsabilité sociale des entreprises et d'instaurer une culture de l'entreprise responsable.

A cet effet, l'objectif principal de cet article est de saisir la notion de la responsabilité sociale des entreprises ainsi que la notion de l'éco-innovation et de bien ficeler leurs finalités.

MOTS-CLEFS: La responsabilité sociale des entreprises, économie verte, éco-innovation, développement durable, entreprise écologique.

1 INTRODUCTION

L'objectif de la notion de la La responsabilité sociale des entreprises (RSE) s'est développé ces dernières années tant sur le plan théorique que pratique, sur les efforts réalisés par les différentes parties prenantes de l'entreprise pour se disposer d'indicateurs de performance à long terme. Et donc chaque entreprise dispose d'une stratégie dont sa direction correspond à un ensemble unique des parties prenantes.

La théorie des parties prenantes permet d'expliquer les décisions spécifiques d'une entreprise vis-à-vis de cet ensemble unique.

D'après Ackermann et Eden (2003), la valorisation des parties prenantes permet d'avoir un effet dominant sur la pérennité et la faisabilité des stratégies de l'entreprise.

Aujourd'hui les PME marocaines sont confrontées à un nouveau contexte pour le développement de leur activité. L'internationalisation de l'économie permet de ramener le marché marocain à une ouverture vers la compétitivité avec les entreprises étrangères, chose qui implique à l'économie nationale d'appliquer des stratégies de croissance basées sur l'innovation technologique et organisationnelle, permettant d'instaurer une stratégie de différenciation face aux autres concurrents caractérisés par des coûts inférieurs de la main- d'œuvre.

Dans ce contexte, l'intégration de la notion de la RSE au Maroc fait appel à des valeurs d'application. Mais avant cela, la terminologie de la RSE pose de problèmes aux praticiens, à cet effet, il est nécessaire de définir le concept afin de mieux saisir la notion et son objectif principal.

L'objectif de cet article est de saisir la terminologie de la RSE et l'Eco-innovation pour comprendre par la suite la finalité des deux concepts. Nous allons dans un premier temps : définir le concept de la RSE, ensuite nous visons détailler la notion de l'éco-innovation ainsi que tous les synonymes liés au terme afin de comprendre la particularité des deux notions.

2 LA RSE : DÉFINITIONS ET EXEMPLES

2.1 DÉFINITION DE LA NOTION DE LA RSE

D'après les importantes contributions des dernières décennies, il n'existe pas pour le moment une définition exacte pour la notion de la RSE. Depuis plus de 50 ans, les praticiens et les chercheurs académiques cherchent à saisir et à traiter le concept de la RSE.

Des auteurs comme Bowen (1953) et Carroll (1979) se sont focalisés sur le thème et ont avancé grâce à leurs efforts en termes de recherche sur la RSE.

La notion de la RSE n'a jamais été populaire, le concept a pris de l'importance au fil du temps et occupe aujourd'hui son positionnement au cœur de la stratégie d'entreprise (Capron et Quairel-Lanoizelée, 2007).

Bowen confirme que les entreprises représentent des centres de décision et de pouvoir et que leurs actions influencent la vie des citoyens dans les différents domaines. C'est pour cela les entreprises sont responsables de leurs actions dans un volet plus large que celui économique. Son ouvrage vise la sensibilisation des entrepreneurs aux valeurs sociétales.

Carroll (1979) a défini la notion de la RSE comme « l'ensemble d'obligations vis-à-vis de la société » ensuite, l'auteur particularise quatre catégories d'obligations :

- a. Economiques : être profitable, fabriquer des produits respectant des normes de qualité,...
- b. Légales : respecter les lois et réglementations ;
- c. Etiques : agir conformément à des principes moraux partagés au sein de l'entreprise ;
- d. Philanthropiques : agir avec bienfaisance et charité.

La définition de Carroll (1979) est considérée comme fondatrice des théories d'Attraca et Jacquot (2005). La RSE présente une question centrale du management stratégique des entreprises, elle penche vers des questions sociales et environnementales : c'est une vision classique de l'obligation de l'entreprise qui prend en considération les contraintes de l'économie verte, le respect du capital humain ainsi que le respect des règles d'équilibre de la société civile. (Allouche et al, 2004).

D'après la commission européenne (2001), le concept de la RSE se définit comme « l'intégration volontaire par les entreprises de préoccupations sociales et environnementales à leurs activités commerciales et leurs relations avec leurs parties prenantes » dans le même sens, le WBCSD (World Business Council for Sustainable Development, 2008) définit la RSE comme

étant : « l'engagement des entreprises à adopter des comportements éthiques et à contribuer au développement économique tout en améliorant la qualité de la vie des employés, de leurs familles ainsi que de la communauté locale et de la société dans son ensemble ».

Pour l'AFNOR (l'association française de normalisation), la RSE se définit plus précisément encore comme la « responsabilité d'une organisation vis-à-vis des impacts de ses décisions et activités sur la société et sur l'environnement, se traduisant par un comportement éthique et transparent qui :

- Contribue au développement durable, à la santé et au bien-être de la société ;
- Prend en compte les attentes des parties prenantes ;
- Respecte les lois en vigueur et qui sont en accord avec les normes internationales de comportement ;
- Et qui est intégré dans l'ensemble de l'organisation et mis en œuvre dans ses relations » (AFNOR, 2006).

2.2 LA RSE UN NOUVEAU CONCEPT POUR L'ÉCONOMIE MAROCAINE

Parmi les défis générés par la mondialisation de l'économie est le fait de préparer les conditions nécessaires pour accueillir les investisseurs étrangers sans donner à une compétitivité au préjudice des droits fondamentaux. Et comme il est fait chez plusieurs pays, le Maroc a développé ses réformes de services publics ainsi que les conditions d'accueil de l'investissement, en particulier le code du travail a fait l'objet d'une mise à jour et une codification dans le cadre d'un dialogue social qui a modifié en profondeur le rapport collectif du travail.

Un exemple d'entreprise socialement responsable : Jet Sakane

Spécialisée dans la promotion immobilière, Jet Sakane emploie une cinquantaine de travailleurs masculins et autant de travailleuses, répartis entre les cadres administratif, technique et commercial.

La liberté syndicale est prévue dans le règlement intérieur. Les rapports avec les représentants élus des travailleurs ont pour cadre les réunions périodiques avec les cinq délégués élus des salariés et la participation de leur délégué en qualité de membre au Comité de direction et à celui de sécurité et d'hygiène.

Un plan de formation est établi annuellement. Il est consacré en grande partie au dialogue social ainsi qu'à la sécurité et à la santé au travail.

Un intérêt particulier est accordé à la prévention des accidents et des maladies professionnelles. Les sous-traitants s'engagent par le cahier des prescriptions spéciales à se conformer à toutes les normes de sécurité dans les chantiers et aux procédures de stockage et d'élimination des déchets. Le contrôle du respect effectif de ces obligations est obtenu par le recours à des astreintes qui peuvent atteindre 20% du montant des marchés.

Les préoccupations pour l'environnement et le bien être des clients sont au cœur du nouveau concept de copropriété que propose l'entreprise. Ses ensembles immobiliers réservent 30% des superficies aux espaces verts et prévoient des équipements sociaux et collectifs. La gestion décennale de la copropriété lui permet d'y déployer des actions à caractère social : cours d'alphabétisation et en informatique, crèches, soutien scolaire, services communs à l'occasion des fêtes, réparations et entretiens courants au moindre prix, prévention des risques, sécurité... etc.

Source : www.cgem.ma

La promotion de la RSE joue un rôle positif sur le renforcement des aspirations partagées et pousse les efforts fournis pour attirer les IDE, sur leur milieu d'implantation, la rentabilité de leurs activités ainsi que leur potentialité d'exportation et de partenariat avec les PME marocaines.

La CGEM a mis en place une charte de RSE et s'est dotée d'un Label pour la responsabilité Sociale.

La charte de la RSE de la CGEM a été élue par le conseil national de l'entreprise le 14 décembre 2006. Elle intègre une formule d'engagement de ses membres sur le passage de la RSE. En plus, la souscription aux objectifs du développement durable, elle couvre la promotion des droits fondamentaux, la prise en considération des attentes des parties prenantes et l'intégration de ce processus dans le management stratégique des entreprises (La Responsabilité Sociale des Entreprises : les aspects relatifs au travail-Mai 2009 , p21.) .

Même si c'est une ancienne publication de la CGEM, mais elle reste une des publications les plus marquantes dans l'histoire de l'économie marocaine.

A titre indicatif, la charte présente les principales missions de la RSE et elle se déroule autour de 9 axes thématiques :

Les neuf Axes de la Charte de la Responsabilité Sociale de la CGEM

1. Respecter les droits humains
2. Améliorer en continu les conditions d'emploi et de travail et les relations professionnelles
3. Protéger l'environnement
4. Prévenir la corruption
5. Respecter les règles de la saine concurrence
6. Renforcer la transparence du gouvernement d'entreprise
7. Respecter les intérêts des clients et des consommateurs
8. Promouvoir la responsabilité sociale des fournisseurs et sous-traitants
9. Développer l'engagement sociétal

La source: www.cgem.ma

3 LE CONCEPT DE L'ECO-INNOVATION : DÉFINITION & TYPOLOGIE

L'éco-innovation est conçue par les décideurs de l'entreprise comme un outil performant qui permet d'assurer une gestion efficace aux impératifs de l'environnement socioéconomique. Et tout cela à travers l'instauration d'une culture d'entreprise basée sur « l'entrepreneuriat vert » permettant le bien-être avec une centralisation de la problématique écologique aux stratégies d'entreprises.

Dans un contexte d'internationalisation de l'économie du pays, la nécessité d'innover et la prise d'initiative sont considérées comme des facteurs-clés, concrétisant par la suite un développement durable.

Cet article a pour objectif de traiter la problématique de la RSE dans sa définition ainsi que le concept de l'Eco-innovation et son objectif.

L'ère d'une libéralisation et d'une réglementation de l'économie est au cœur de laquelle l'entreprise et l'entrepreneur innovant occupent une place stratégique.

Dernièrement, l'entreprise innovante est considérée comme un acteur central de l'économie nationale et internationale. Le progrès social de n'importe quelle économie repose sur un management stratégique responsable vis-à-vis de l'environnement et le capital humain du pays. En effet, l'instauration d'un « modèle de développement durable » repose sur la disponibilité des principes fondamentaux (Bansal,2002).

- 1) Un principe économique qui requiert une utilisation raisonnée des ressources, sans menacer pour autant l'avenir des générations futures,
- 2) Un principe environnemental qui spécifie que la société civile doit protéger ces ressources,
- 3) Un principe social qui indique que chacun doit être traité avec équité.

La responsabilité sociale des entreprises (RSE) est conçue comme l'ensemble des principes dont leurs finalités majeures sont le respect de la nature et le capital humain. Cependant, l'intégration des concepts de la RSE dans le management stratégique des entreprises est un pilier majeur de développement, plusieurs auteurs confirment que l'amélioration de la performance environnementale des entreprises conduit à une meilleure performance économique/ financière, et n'engendre pas forcément une augmentation de coût.

3.1 TERMINOLOGIE DE LA NOTION ÉCO-INNOVATION ET SA FINALITÉ

3.1.1 LA DÉFINITION DE LA NOTION DE L'ÉCO-INNOVATION / L'ENTREPRENEURIAT VERT¹

Selon Sandrine FERNEZ & François ROMON (2013) << les entreprises et autres acteurs économiques sont, certes, créateurs de richesse mais aussi consommateurs de ressources, producteurs de déchets et générateurs de pollutions. Ils participent directement au développement économique par leurs investissements et indirectement à la création ou à la réduction des inégalités sociales par l'organisation du travail. La réglementation en matière de développement durable apparaît surtout comme une contrainte pour les entreprises car elle les oblige à adapter leur offre de produits et de services.

Selon l'OCDE (2010), de nombreuses entreprises et quelques pays ont commencé à utiliser le vocable d'éco-innovation pour décrire les apports des entreprises au développement durable s'accompagnant d'une amélioration de la compétitivité. Sur un plan général, on peut définir l'éco-innovation comme une innovation se traduisant par une diminution, fortuite ou intentionnelle, de l'incidence environnementale.

Les différentes activités d'éco-innovation peuvent s'analyser selon trois dimensions :

- Les objectifs (domaines cibles de l'éco-innovation : produits, procédés, méthodes de commercialisation, organisations et institutions) ;
- Les mécanismes (modalités des changements apportés aux objectifs : modifications, re-conception, solutions de substitution et création) ;
- Les impacts (effets de l'éco-innovation sur l'environnement).

Le guide d'utilisation FD X50-271 (Afnor,2013) distingue quatre situations d'intégration des enjeux du développement durable et de la responsabilité sociale dans un processus d'innovation :

- Les « produits verts ou équitables », innovation par proposition de nouveaux produits et services respectueux de l'homme et de l'environnement ;
- La « production durable », innovation de produits et services intégrant dans le processus de conception la notion de « cycle de vie » ;
- La « gestion des performances durables », management de l'innovation avec une gouvernance intégrant les attentes des parties intéressées ;
- Le « management responsabilisant », management responsable en matière d'innovation intégrant les principes de la responsabilité sociétale des entreprises selon l'ISO 26000.

En 2011, l'International Standard Organization (ISO) a publié l'ISO 26000, une Technical Specification, norme de lignes directrices et non d'exigences (donc pas destinée à la certification) qui explique comment les organisations peuvent et doivent contribuer au développement durable ;

Un exemple de vecteur de la diffusion du développement durable dans les pratiques d'innovation : la norme ISO 26000. Afnor :www.afnor.org consulté le 23 avril 2013 « la norme ISO 26000 a été initiée en 2001 par des organisations de consommateurs inquiets face aux pratiques de certaines multinationales et des conséquences que cela pouvait avoir sur les conditions de travail et de vie des populations. Par le biais du comité ISO en charge des relations avec les consommateurs(COPOLCO) elles ont souhaité la réalisation d'une étude de faisabilité sur la réalisation d'une étude de faisabilité sur la normalisation de la responsabilité sociétale des entreprises (RSE). La RSE est définie comme la responsabilité d'une organisation vis-à-vis des impacts de ses décisions et de ses activités sur la société et sur l'environnement, se traduisant par un comportement transparent et éthique qui :

- Contribue au développement durable y compris à la santé et au bien-être de la société ;
- Prend en compte les attentes des parties prenantes ;
- Respecte les lois en vigueur et est compatible avec les normes internationales ;
- Est intégré dans l'ensemble de l'organisation et mis en œuvre dans ses relations. (...)

¹ Sandrine FERNEZ-WALCH,FRANCOIS ROMON « Management de l'innovation :de la stratégie aux projets »3ème édition,2013,p60-61

Elle vise à :

- Aider une organisation à prendre en charge ses responsabilités sociales ;
- Fournir des lignes directrices pour : rendre opérationnelle la responsabilité sociétale ;
- Identifier et s'engager avec les parties prenantes ;
- Améliorer la crédibilité des rapports et déclarations à propos de la RSE ;
- Mettre en relief les résultats obtenus et les améliorations ;
- Accroître la satisfaction et la confiance des clients ;
- Promouvoir une terminologie commune dans le champ de la RSE ;
- Etre cohérent et non pas en contradiction avec les documents, traités et conventions existants, et les autres normes ISO. »

Munie de ces lignes directrices, toute organisation a la possibilité de :

- S'auto-évaluer par rapport à un référentiel d'exigences qu'elle a elle-même construit ;
- Se faire évaluer (ou évaluer des tierces parties, fournisseurs par exemple) par rapport à une liste d'exigences qui lui sont propres ;
- Se faire évaluer par rapport à un référentiel d'exigences construit de manière universelle, la qualité de la signature de l'évaluateur devenant alors prépondérante.

L'innovation ne peut donc pas être, en elle-même, « responsable » sur le plan sociétal ou environnemental mais une organisation peut être, en tant qu'acteur économique, socialement responsable. >>

L'entrepreneuriat vert, une éco-innovation ou bien l'innovation verte : sont tous des concepts déployés pour instaurer la culture de l'économie verte. Même si ce concept s'avère entièrement nouveau, mais il présente un débat actuel pour une économie responsable.

Les définitions ci-dessous illustrent la multiplicité des explications et les interprétations de la notion :

« Un éco-preneur est une personne qui cherche à faire évoluer un secteur de l'économie vers la durabilité en lançant dans ce secteur une activité qui est conçue de manière verte, utilise des processus verts et s'engage à très long terme à favoriser la durabilité dans tout ce qui sera fait et dit. » (Isaak,2002)

« Il existe deux types d'éco-preneur : 1) les entrepreneurs conscients de l'environnement », qui mettent au point tout type d'innovation (produit, service, procédé) susceptible de diminuer les ressources utilisées et l'impact sur l'environnement ou d'améliorer le rapport coût-efficacité tout en fixant un objectif de zéro déchet ; 2) « les entrepreneurs verts », qui sont conscients des questions liées à l'environnement et qui exercent leur activité sur un marché environnemental. Ils recherchent les possibilités axées sur l'environnement qui présentent des perspectives de bénéfice intéressantes » (Volery,2002)

« L'entrepreneuriat et l'environnementalisme reposent sur une perception de la valeur. Les attitudes nées des préoccupations liées à l'environnement créent des domaines de valeur qu'il est possible d'exploiter d'un point de vue entrepreneurial. Les entrepreneurs environnementaux/ écologiques sont conscients de cette possibilité et mettent en place de réelles organisations pour saisir et fixer ces changements dans la société. » (Anderson, 1998)

3.1.2 L'ECO-INNOVATION AU CŒUR DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

La cause principale des changements climatiques est notamment liée aux actions non responsables de l'être humain. C'est pour cela la société ne peut pas continuer sur les modes de consommation et de production actuelle sans endommager l'environnement.

L'écologisation du système économique et un pas marquant dans la vie de l'entreprise, ce changement est devenu une obligation permettant de réduire au minimum les effets négatifs des produits chimiques durant le cycle de production. Cette réduction permet de concrétiser une durabilité des ressources environnementales.

A partir de ce concept, plusieurs pays ont orienté leur économie nationale vers une économie écologique faisant ressort de ce qu'on appelle « entrepreneuriat vert » ou bien « éco-innovation » vu que ce concept correspond à une décision innovante, permettant d'encadrer/ voire limiter les retombées négatives du progrès économique, sur les ressources environnementales.

L'historique de l'entrepreneuriat vert est un historique qui est parti du simple au composé, sachant que la nécessité de changement du mode de consommation est l'un des éléments marquants pour l'instauration de ce principe dans la politique du pays, afin d'assurer un développement durable.

Le comité international pour l'environnement et le développement (1987) a posé les bases du concept du développement durable : c'est « le développement qui satisfait les besoins de succès de la génération, présente sans compromettre les attentes des générations futures de satisfaire leurs propres besoins ».

Le challenge consiste donc à sensibiliser les entreprises, à mettre en place dans leurs processus de production des nouveaux modèles d'affaires écologiques (éco-innovation), permettant d'améliorer leurs performances économiques et assurant par la suite une RSE vis-à-vis de l'environnement.

3.2 LA NÉCESSITÉ DE L'ORIENTATION ON ENTREPRENEURIALE

Aujourd'hui pour une pérennité et croissance continue, les entreprises doivent actualiser leurs perceptions, leurs pratiques pour se renouveler, se dynamiser et se développer face à la concurrence nationale et internationale. Ce challenge est encore plus grand dans les entreprises familiales dont la viabilité est conditionnée par le succès de la transmission intergénérationnelle de l'entreprise. La notion de l'orientation entrepreneuriale (Miller 1983, Lumpkin et Dess 1996) a redonné une vision historique fructueuse dans le sens .

Le rôle accru des PME dans le développement économique, et la flexibilité d'un modèle de l'entreprise entrepreneuriale sont parmi les sources clés de l'enthousiasme présent du champ de l'orientation entrepreneuriale. Cette vision a sensibilisé les différents agrégats des très grandes entreprises de se restructurer selon des petites tailles afin de maîtriser le processus d'innovation et d'entrepreneuriat.

La plupart des chercheurs ont conceptualisé l'orientation entrepreneuriale selon trois visions par rapport le niveau organisationnel proposé par Miller (1983) : une entreprise est déterminée par l'innovation, la capacité de prise de risque et la réactivité. Cette conception a été aussi traité par d'autres auteurs (Covin et Slevin, 1989 ; Lumpkin et Dess, 1996).

Nous allons par la suite, définir l'ensemble des concepts à savoir : l'innovation, la capacité de prendre le risque et la réactivité.

3.2.1 L'INNOVATION

L'innovation est la déterminante de la présence ou l'absence de l'entrepreneuriat. Schumpeter (1934) est l'un des premiers à lancer le concept de l'innovation et la définir comme la création et l'identification des valeurs ajoutées à travers des nouvelles combinaisons de ressources. L'innovation présente une décision courageuse avec des pratiques pour réadapter les conditions existantes du marché, que ce soit son type incrémentale ou radicale (Hage, 1980).

L'innovation dans une entreprise se réfère aux efforts effectués pour intégrer la nouveauté, ainsi que la pratique et la réactivité ciblant par la suite le développement de nouveaux produits/services et processus. Lumpkin et Dess (1996), définissent l'innovation comme « la propension d'une entreprise à engager et à soutenir les nouvelles idées, de la nouveauté, l'expérimentation, et les processus créatifs qui peuvent donner lieu à de nouveaux produits/services ou procédés » (p142). L'innovation se référence aussi à l'activité de R&D et à l'introduction de nouvelles techniques de production et de gestion.

D'après les recherches effectuées par Morck et al (2000), les entreprises non familiales dépensent plus en R&D et disposent plus de brevet, par contre les entreprises familiales n'innovent pas fréquemment. Pourtant, dans un environnement changeant, la concurrence influence tous les types d'entreprise afin de se transformer innovantes et entrepreneuriales (Hamel, 2007). En outre, les entreprises familiales peuvent décider sur la flexibilité et le choix des opportunités innovantes (Miller & le Breton-Miller, 2005). Autrement dit, les entreprises familiales qui ont un système de contrôle formel faible (Daily & Dollinger, 1992) et même le manque du contrôle externe, peuvent décider dans des projets d'investissement et suivre des nouvelles idées dans un cadre informel d'une manière intuitive et mal calculé .

3.2.2 LA CAPACITÉ DE PRENDRE LE RISQUE

Au bout du 21 siècles, John Stuart Mill expliquait ce concept comme une caractéristique dominante chez l'entrepreneur. Cette caractéristique a toujours été fondamentale. Néanmoins, tous les théoriciens confirment que la capacité de prendre le risque est un élément constitutif de la capacité entrepreneuriale de l'entreprise.

Mais généralement, la majorité de la littérature disponible sur la notion de la prise de risque, exprime que les entreprises familiales confirment une forte répulsion au risque et sont timides à l'égard des décisions stratégiques.

Gomez-Mejia et al, (2007) ont traité la notion de prise de risque de l'orientation entrepreneuriale des PME suédoises et ont trouvé que les entreprises familiales disposent d'un niveau plus faible que celui des entreprises non familiales en matière de

prise de risque. Toutefois, les PME non familiales prennent plus de risque, lorsque la propriété et le contrôle de l'entreprise sont menacés. Mais généralement la domination de la forme des entreprises familiales permet d'encourager le conservatisme que l'audace de prendre le risque.

3.2.3 LA RÉACTIVITÉ

Cette dimension n'a pas attiré l'attention des chercheurs comme les deux notions précédentes. Deux caractéristiques principales ont été attribuées à la réactivité : l'esprit dynamique et la poursuite des opportunités d'affaires (Knight,1997 ; Lumpkin & Dess,2001 ;Stevenson & Jarillo,1990) l'entreprise doit réagir activement pour améliorer sa position concurrentielle face à ses concurrents (Porter,1980) et pour réaliser des gains économiques (Lieberman & Montgomery,1988).

D'après une étude approfondie sur plusieurs générations de la propriété familiale, Martin et Lumpkin (2003) ont remarqué que la nouvelle génération est moins proactive que l'ancienne, ce qui recommande que la présence de la réactivité est douteuse par le renouvellement des générations des entreprises familiales.

4 CONCLUSION

La thématique de la responsabilité sociale de l'entreprise (RSE) est à la mode : auprès des décideurs, de l'Etat, des praticiens et aussi des chercheurs académiques. Le concept de la RSE s'ajoute à d'autres notions (développement durable, entreprise citoyenne, économie verte, management responsable, entreprise écologique, gestion sociétale,...) qui ciblent le même principe : l'entreprise doit être contemplée comme un organisme social dont les actions sont responsables vis-à-vis tous les acteurs de la société. Le succès de cette notion n'est pas dû au hasard. Face aux changements qu'elles confrontent l'entreprise d'aujourd'hui : l'accroissement des innovations technologiques, les changements climatiques, la rareté des ressources écologiques et l'effet de la mondialisation de l'économie, font également une nécessité majeure d'appliquer le principe de la RSE qui peut être résumé comme la volonté d'identifier de nouvelles règles économiques, sociales, écologiques permettant le bien-être et une cohabitation optimale entre les différents acteurs de l'entreprise et de la société en général.

Et donc, ce qu'on peut déduire de cet article, c'est que les PME marocaines sont fortement conscientes de la responsabilité sociale, sachant que cette notion peut constituer un levier de compétitivité économique. Bien que la responsabilité majeure soit de réaliser plus de profits, et contribuer au même temps à la réalisation des finalités sociales, à la protection de l'environnement écologique, en incluant la responsabilité sociale comme un investissement stratégique au cœur de la stratégie commerciale de l'entreprise.

A partir de tout ce qu'on a vu, on peut considérer le concept de l'Eco-innovation comme un outil stratégique, capable d'aider les décideurs à réaliser les principes de la RSE et d'instaurer une culture de l'entreprise responsable.

D'après nos expériences professionnelles chez de nombreuses entreprises marocaines, nous pouvons confirmer que la notion de la RSE est peu connue comme qualité scientifique et académique, mais elle est appliquée dans les pratiques de gestion des entreprises que ce soit pour la réglementation de travail, la santé, la sécurité sociale, le dialogue social, les représentants syndicaux, etc.

Nous sommes persuadées que le nombre des PME sur lesquelles nous avons travaillé ne permet pas une généralisation du résultat, mais on peut ouvrir le champ d'investigation vers une autre problématique, celle qui centralise la RSE aux préoccupations stratégiques des entreprises marocaines, comment ces dernières intègrent dans leur management la notion de la RSE ? Et quels sont les barrières interprétatives de celle-ci !

RÉFÉRENCES

- [1] Acquier,A.et J.P.GOND (2005), « Aux sources de la responsabilité sociale de l'entreprise. (Re)Lecture et mise en perspective d'un ouvrage fondateur : Social responsibilities of the Businessman d'Howard Bowen (1953) », Conférence internationale de Management stratégique (AIMS), journées développement durable, mai, Aix-en-provence.
- [2] Ackermann, F & Eden, C 2003, <<Powerful and interested stakeholders matter: their identification and management.>> Paper presented at American Academy of Management Conference, Seattle, USA, 1/08/03, .
- [3] Attarça, M., (2003), « Quel lobbying socialement responsable ? » Colloque "L'entreprise citoyenne", Paris X-Nanterre, octobre 2003.
- [4] Ahmed SABBARI, Sidi Mohamed RIGAR « Le développement durable et la dynamique entrepreneuriale de la petite entreprise :Etude de cas d'une PME exportatrice marocaine » communication, 7ème journée scientifiques internationale du FEM,19-20 mars 2015 à la FSJES Marrakech.

- [5] Allouch,J.,I.Huault et G.Schmidt (2004), « Responsabilité sociale des entreprises :La mesure détournée ? »,15e congrès annuel de l'AGRH,tome 4,1-2 septembre, Montréal,p.2389-2411.
- [6] Allouch,J.,I.Huault et G.Schmidt (2004), « Responsabilité sociale des entreprises :La mesure détournée ? »,15e congrès annuel de l'AGRH,tome 4,1-2 septembre, Montréal,p.2389-2411.
- [7] Amadiou,J.F.(1999), « La responsabilité sociale de l'entreprise »,dans le Duff(dir.),Encyclopédie de la gestion du management,Dalloz.
- [8] ANDERSON J.C. & FRANKLE A.W., 1980, <<Voluntary Social Reporting: An Iso-Beta Portfolio Analysis>> The Accounting Review, Vol. LV, n°3, p. 467-479.
- [9] Attarca,M.et T.Jacquot (2005), « La représentation de la responsabilité sociale des entreprises :une confrontation entre les approches théoriques et les visions managériales »,conférence internationale de management stratégique,pays de Loire,Angers.
- [10] Bansal,P.et Roth,K.(2000), « why companies go green:A model of ecological responsiveness»,Academy of Management Review,Vol43,N°4,P717-736.
- [11] Berger-Douce,S.(2004), « La diffusion du management environnemental en PME- Apports et limites d'une démarche collective »,congrès international francophone en Entrepreneuriat et PME (CIFEPME),27-29 octobre, Montpellier.
- [12] Bowen,H.R< Social responsibilities of the businessman », (1953), New York.
- [13] Carroll A. (1979), « A Three-Dimensional Model of Corporate Performance », Academy of Management Review, Vol. 4, No. 4, p. 497-505.
- [14] Carney, M. (2005).<< Corporate governance and competitive advantage in family-controlled firms>>. Entrepreneurship Teory & Practice, 29, 249–265
- [15] Capron, M.(2003), « L'économie éthique privée: la Responsabilité des entreprises à l'épreuve de l'humanisation de la mondialisation », UNESCO,économie éthique,N°7.
- [16] Capron,M.(2005), « Les nouvelles responsabilités sociétales des entreprises : de quelles nouveautés s'agit-il ? »,dans J.-C.Depuis et C.Le Bas (dir.),le management responsable :vers un nouveau comportement des entreprises ?,connaissance de la gestion, chapitre 2,édition Economica,Paris,p27-37.
- [17] Capron,M.et F.Quariel-Lanoiselée (2007), « La responsabilité sociale d'entreprise »,Coll. Repère, éditions la Découverte, Paris.
- [18] Capron,M.et F.Quariel-Lanoiselée (2004), « Mythes et réalités de l'entreprise responsable, acteurs- enjeux- stratégie, Alternatives économiques », éditions la Découverte,Paris.
- [19] Cazal,D.(2005), « RSE et partie prenantes :quels fondements conceptuels ? les cahiers de la recherche du CLAREE université des sciences Technologiques de Lille. »
- [20] Commission Européenne (2001), « Le livre vert pour promouvoir un cadre européen de la responsabilité sociale des entreprises ».
- [21] Daily, C. and Dollinger, M. (1992). << An Empirical Examination of Ownership Structure in Family and Professionally Managed Firms>>. Family Business Review 5: 117-136.
- [22] Floriane BOUYOUD « le management stratégique de la responsabilité sociale des entreprises (RSE)-cas d'expérimentation dans le secteur social et médico-social ».
- [23] Gómez-Mejía, L.R., Haynes, K.T., Núñez-Nickel, M., Jacobson, K.J.L., & Moyano-Fuentes, J. (2007). <<Socioemotional wealth and business risks in family-controlled firms: Evidence from Spanish olive oil mills>>. Administrative Science Quarterly, 52(1), 106–137.
- [24] Isaak,R.(2002) « The making of the eco-preneur, Greener Management International, Theme: Environmental Entrepreneurship »,p38,p 81-90.
- [25] Igalens,J.et M. Joras (2002), <<La responsabilité sociale de l'entreprise, comprendre, rédiger le rapport annuel>>, les éditions d'organisation.
- [26] Lumpkin GT,Dess GG (1996) « Clarifying the entrepreneurial orientation construct and linking it to performance» Academy of Management Review,21 p135-172.
- [27] Lumpkin, G.T. & Dess, G.G. (2001) <<Linking two dimensions of entrepreneurial orientation to firm performance>>, Journal of Business Venturing, 16, 5, 429-451
- [28] Lieberman M.B. and Montgomery D.B. (1998) <<First-mover (dis)advantages: Retrospective and link with the resource-based view>>, Strategic Management Journal, 19: 1111-1125.
- [29] Martin, L. & Lumpkin, T. (2003) From EO to "Family Orientation": <<Generational Differences in the Management of Family Businesses>>. Paper presented at the 22nd Babson College Entrepreneurship Research Conference, Babson College, Wellesley, MA, USA.
- [30] Meryem CHIADMI, Naima BOUFERAS << responsabilité sociétale des firmes multinationales en Afrique Subsaharienne: Cas de Maroc Telecom>> REMAREM,N°15,Juillet-decembre 2016.

- [31] Mohamed M'HAMDI, Sabah TRID « la vulnérabilité des TPE et des PME dans un environnement mondialisé » 11ème journées scientifiques du Réseau Entrepreneuriat INRPME-AUF-AIREPME, 27 au 29 mai 2009.
- [32] Morck, R., Stangeland, D.A., Yeung, B. (2000) <<Inherited wealth, corporate control, and economic growth: The Canadian disease, in R. Morck (ed.), Concentrated corporate ownership, National Bureau of Economic Research Conference>> Volume, University of Chicago Press, Chicago, IL.
- [33] Mourad ATTARÇA, Thierry JACQUOT « La représentation de la responsabilité sociale des entreprises : une confrontation entre les approches théoriques et les visions managériales » ,AIMS 2005.
- [34] Mercier,S.(2001), « l'apport de la théorie des parties prenantes au management stratégique : une synthèse de la littérature»,Acte de la conférence de l'AIMS,Québec,13-15 Juin.
- [35] Miller,D.(1983) « The correlation of entrepreneurship in three types of firms »,Management science,Vol.29,No.7(Jul.,1983),p.770-791.
- [36] Naldi, L., Nordqvist, M., Sjöberg, K., & Wiklund, J. (2007). <<Entrepreneurial orientation, risk taking, and performance in family firms>>. Family Business Review, 20(1), 33–47.
- [37] Novethic et ORSE « Développement durable et stratégie d'entreprise » 3e Forum Européen pour le développement durable et une entreprise responsable,(2004).
- [38] OCDE(2000), « les principes directeurs de l'OCDE à l'intention des entreprises multinationales ».
- [39] Sandrine FERNEZ-WALCH, François ROMON « Management de l'innovation : de la stratégie aux projets » 3ème édition,2013.
- [40] Said OUHADI, Lobna BOUMAHI « Développement durable & RSE : l'engagement du Maroc » 7ème journées scientifiques internationales du FEM sous le thème : « économie verte, croissance et développement : états des lieux et perspectives » le 19-20 mars 2015 à la FSJES Marrakech.
- [41] Schumpeter, J. (1912/1934). <<The theory of economic development>>. Cambridge, MA: Harvard University Press
- [42] Porter, M. E. <<Competitive Strategy>>. The free press, New York,(1980).
- [43] Tachaman,J.-P.et ch.Estay (2004), « La pratique de la responsabilité sociale et ses implications dans l'entreprise »,Gestion 2000 ,juillet-août.p31-47.
- [44] Taylor, D. W. ,et Walley, E.E.(2004), « The Green Entrepreneur: opportunist, Maverick or visionary? » , international journal of Entrepreneurship and small business, Vol 1, N°1/2,p 56_69.
- [45] Tchankam, J.P., Estay, C., (2004), « La pratique de la responsabilité sociale et ses implications dans l'entreprise », Gestion 2000, n°2, p.31-48.
- [46] Volery,T.(2002) «An entrepreneur commercialises conservation :the case of Eart sanctuaries Ltd, Greener Management International, Theme: Environmental Entrepreneurship,38 »,P 109-116.
- [47] <http://www.cgem.ma>

Profils des consommateurs et caractérisations physiques et chimiques des fruits de la prune noire (*Vitex doniana*) du Département de Bondoukou au Nord-Est de la Côte d'Ivoire

[Consumer profiles and physical and chemical characterization of black plum (*Vitex doniana*) from Bondoukou department in northeastern Côte d'Ivoire]

Fatou Koba TRAORE^{1,2}, Pascal Amédée AHI², Youssouf Kisselmina KONE¹, Doudjo SORO¹, and Emmanuel Nogbou ASSIDJO¹

¹Institut National Polytechnique Houphouët-Boigny (INP-HB), Laboratoire des Procédés Industriels, de Synthèse et de l'Environnement, BP 1313 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

²Unité de Formation et de Recherche des Sciences et Technologies des Aliments, Université Nangui Abrogoua, Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés (LBB), 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Valorization of *Vitex doniana* fruits requires the development of appropriate technologies. In order to guide these technologies, a survey to determine the profile of consumers was conducted in the department of Bondoukou, followed by a physical and chemical characterization of the fruits of this area. For this, classical methods of analysis have been used. The results indicate that black plum are available, accessible during a given period of the year and are not preserved. The seed is not subject to any transformation. At the physical level, the fruit measures on average 2.46 ± 0.35 cm wide and 2.80 ± 0.31 cm long with a caliber index, a sphericity index and an aspect ratio of 3.42 ± 0.60 , $62 \pm 7.0\%$ and $89.84 \pm 14.22\%$ respectively. The pulp and seed represents 57, $38 \pm 10.66\%$ and $31.57 \pm 9.64\%$ of the whole fruit respectively. Color of the pulp is dark reddish purple with $L^* = 3.59 \pm 0.82$, $a^* = 21.91 \pm 3.14$, $b^* = -21.36 \pm 2.9$, $C^* = 475.34 \pm 102.55$ and $h^* = 38.92 \pm 8.99$, and its density ρ (g/cm^3) is 121.33 ± 55.44 . Chemically, its pH, moisture content, soluble dry extract content and degree of ripeness are 4.79 ± 0.03 , respectively, $69.18 \pm 1.02\%$, $18.53 \pm 1.36^\circ \text{B}$ and 10.80 ± 1.51 . These characteristics are quite important for the implementation of applicable technologies. These characteristics of plum of savannas are quite important for the implementation applicable technologies.

KEYWORDS: *Vitex doniana*, valorization, consumer, characterization.

RÉSUMÉ: La valorisation des fruits du *Vitex doniana* nécessite le développement de technologies appropriées. Afin d'orienter ces technologies, une enquête pour déterminer le profil des consommateurs a été menée dans le département de Bondoukou, suivie d'une caractérisation physique et chimique des fruits de cette zone. Pour cela les méthodes classiques d'analyses ont été utilisées. Il ressort des résultats que les fruits de la prune noire sont disponibles, accessibles durant une période donnée de l'année et ne font objet d'aucune conservation. Pour la graine, elle n'est l'objet d'aucune transformation. Au niveau physique le fruit mesure en moyenne $2,46 \pm 0,35$ cm de largeur et $2,80 \pm 0,31$ cm de longueur avec un indice de calibre, un indice de sphéricité et un aspect ratio respectivement de $3,42 \pm 0,60$, $62 \pm 7,0\%$ et $89,84 \pm 14,22\%$. La pulpe et la graine représente respectivement $57,38 \pm 10,66\%$ et $31,57 \pm 9,64\%$ du fruit entier. La pulpe est de couleur rouge-violacée foncée, avec $L^* = 3,59 \pm 0,82$, $a^* = 21,91 \pm 3,14$, $b^* = -21,36 \pm 2,9$, $C^* = 475,34 \pm 102,55$ et $h^* = 38,92 \pm 8,99$, et sa masse volumique ρ (g/cm^3) est de $121,33 \pm 55,44$. Chimiquement, son pH, son taux d'humidité, sa teneur en extraits secs solubles et son degré de maturité, sont respectivement de $4,79 \pm 0,03$, $69,18 \pm 1,02\%$, $18,53 \pm 1,36^\circ \text{B}$ et $10,80 \pm 1,51$. Ces caractéristiques sont assez importantes pour la mise en œuvre de technologies applicable.

MOTS-CLEFS: *Vitex doniana*, valorisation, consommateur, caractérisation.

1 INTRODUCTION

La prune noire (*Vitex doniana*), une espèce de plante importante d'Afrique tropicale, extrêmement répandue notamment au Sénégal, en Somalie, au Sud de l'Afrique etc..., est une plante de la famille des Lamiaceae [1] Elle pousse dans une variété d'environnements, de la forêt à la savane, souvent dans les endroits humides, le long des rivières et sur les termitières, jusqu'à 2000 m d'altitude [2]. Elle est beaucoup prisée dans certaines régions de la Côte d'Ivoire, notamment la région de Séguéla [2], de Gontougo (Bondoukou) [3], de Korhogo [4], de Tengrela [5], pour ses feuilles et ses fruits comestibles.

Les fruits du *V. doniana* sont disponibles dès le début de la saison pluvieuse. Selon [6], 50 % des fruits sont disponibles en saison pluvieuse. Le début de la saison des pluies et la fin de la saison sèche coïncide avec la période de soudure. En effet, durant ces périodes, les ignames sauvages, autrefois considérées comme des rejets, entrent activement dans l'alimentation des populations [7]. Ainsi, les périodes de disponibilité des ressources sauvages consommées dont la prune des savanes, constitue de grands intérêts à ces périodes considérées comme des périodes de pénuries. Pour [6], les ressources sauvages sont des aliments complémentaires qui permettent une diversité alimentaire en apportant à l'organisme une quantité de tous les nutriments notamment les glucides, les lipides, les protéines, les vitamines et les sels minéraux.

Les fruits sont consommés crus et les feuilles sont utilisées comme condiment dans les préparations de sauces [8]. Du point de vue nutritionnel, la pulpe de la prune noire constitue une bonne source de glucides, de micronutriments tels que le calcium (320 mg / 100 g de MS), le magnésium (45,05 mg / 100 g de MS), le fer (5,20 mg / 100 g) et le phosphore (16,50 mg / 100 g de MS) et de vitamines notamment la vitamine A, B et C [9] [10] [11]. Par ailleurs, ces fruits sont riches en polyphénols et en tanins. Ce qui leur confère la capacité à traiter la diarrhée. Ils contiennent également des stérols et des triterpènes [12] [13]. De plus, la graine constitue une bonne source de composés phénoliques notamment l'acide hydroxybenzoïque [14]. Malgré la valeur de ce fruit et son effet sur la santé, la prune des savanes n'est pas valorisée en Côte d'Ivoire. Il est alors nécessaire de développer des technologies de valorisation des différentes parties de ce fruit. Toutefois, la mise au point de technologies performantes nécessite la connaissance des propriétés physiques et chimiques du fruit de cet arbre.

La présente étude vise à faire la caractérisation physico-chimique des fruits de la prune noire issu du département de Bondoukou, un département dans lequel les fruits de cet arbre sont beaucoup produits.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATÉRIEL D'ÉTUDE

Les fruits mûrs de la prune noire récoltés dans le département de Bondoukou et Une fiche d'enquête ont constitué le matériel utilisé.

2.2 MÉTHODES

2.2.1 COLLECTE DES DONNÉES

Pour déterminer le profil des consommateurs, un questionnaire relatif à l'état de connaissance, aux modes de consommation et aux méthodes de conservation du fruit de la prune noire puis à l'utilisation de sa graine a été réalisé. Ce questionnaire a été soumis à 400 personnes dans quatre localités du département de Bondoukou notamment Sorobango, Kiendiwalogo, Samporo et la ville de Bondoukou pour être renseignée.

Ces personnes ont été rencontrées dans les lieux de grands rassemblements, à savoir les gares de transport urbain, les marchés et aussi dans les ménages.

2.2.2 DÉPOUILLEMENT ET ANALYSES DES DONNÉES

Les données collectées ont été dépouillées en utilisant le logiciel Sphinx 4.1 et les résultats obtenus ont été analysés avec le logiciel SPSS 22.0 (IBM, Software INC, USA) notamment la comparaison des moyennes par χ^2 au seuil de 5%.

2.2.3 CARACTÉRISATIONS DIMENSIONNELLES DU FRUIT DE LA PRUNE NOIRE

Dans l'appréciation de la morphologie de la prune des savanes, les grandeurs géométriques que sont les dimensions du fruit entier (longueur a , largeur b , épaisseur e) et de la graine (longueur c et largeur d) ont été déterminées au moyen d'un pied à coulisse (**figure 1**) [15].

Quant à la forme, elle est décrite et évaluée en termes d'indice de sphéricité (I_s), d'indice de calibre (I_c) et de l'aspect ratio (R_a) [16] [17] suivant les expressions suivantes:

$$IC = (a.b.e)^{1/2} \quad (E1)$$

$$I_s = \frac{(a.b.c)^{1/3}}{a} \times 100 \quad (E2)$$

$$\text{et } R_a = \frac{b}{a} \times 100 \quad (E3)$$

Pour ce qui est de la circonférence du fruit et de la graine, elle est déterminée à l'aide d'un ruban gradué. Le volume du fruit a été évalué en introduisant le fruit entier dans une éprouvette graduée contenant de l'eau de volume connu V_0 . Après immersion totale du fruit dans l'eau, on obtient un volume V_1 de l'eau déplacée. La différence de volume ($V_1 - V_0$) correspond au volume du fruit de la prune des savanes (V_{Fr}). La densité spécifique (ou masse volumique) ρ du fruit a été évaluée par le rapport de la masse du fruit (M_{Fr}) sur son volume (V_{Fr}) selon la formule [18]:

$$\rho(g/cm^3) = \frac{M_{Fr}}{V_{Fr}} \quad (E4)$$



(A)



(B)



(C)



(D)

Fig. 1. Photographie des dimensions de la graine de la prune noire: (A) longueur du fruit, (B) largeur du fruit, (C) longueur de la graine, (D) largeur de la graine.

L'épaisseur de la pulpe a été déterminée par la différence entre la largeur du fruit entier et celle de la graine.

2.2.4 CARACTÉRISATIONS PONDÉRALES DU FRUIT DE LA PRUNE NOIRE

Les grandeurs massiques du fruit entier, de la pulpe, de la graine et de la peau ont été déterminées au moyen d'une balance analytique à la précision de $\pm 0,001$. Par ailleurs, les proportions en peau ou écorce (P_{Pe}), en pulpe (P_{Pu}) et en graine (P_{Gr}) ont été déterminées en calculant le rapport de la masse des différentes parties sur la masse totale (M_{Fr}) de l'échantillon de fruit entier:

$$P_x = \frac{m_x}{M_{Fr}} \quad (E5)$$

Avec P_x : la proportion des différentes parties du fruit (P_{Pe}; P_{Pu}; et P_{Gr}) ; m_x : la masse des différentes parties du fruit (M_{Pe}, M_{Pu} et M_{Gr})

Selon [19] la masse de la pulpe est déterminée par la relation suivante :

$$MPu = MFr - (MPe + MGr) \quad (E6)$$

2.2.5 EVALUATION DE LA COULEUR DE LA PRUNE NOIRE

Les mesures de couleur ($L^*a^*b^*$) ont été faites sur les fruits entier (71 fruits) de la prune des savanes à l'aide d'un chromamètre (USB 4000, Ocean optics) sur deux points opposés le long de l'axe équatorial de chaque fruit. Ces mesures ont été faites selon la Commission Internationale d'Eclairage (CIE) et exprimées en valeur de couleur L^* , a^* , b^* , C^* et h^* .

L'indice L^* indique la luminosité, la clarté et le degré de blancheur du fruit. Les indices a^* et b^* indiquent respectivement la couleur variant entre le rouge et le vert et entre le jaune et le bleu.

La valeur de la chroma (C^*) indique la saturation des couleurs et est donnée par l'expression de l'équation 7:

$$C^* = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (E7)$$

et l'angle de la teinte (h^*), définit la nuance des couleurs est évalué par l'équation 8 suivante:

$$h^* = (\tan)^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (E8)$$

où 0° = rouge-violet, 90° = jaune, 180° = bleu-violet et 270° = bleu). Les valeurs h^* et C^* positionnent bien la couleur sur le diagramme du système CIE $L^*a^*b^*$ comme un équilibre entre les couleurs vert/rouge (a^*) et bleu/jaune (b^*) [20].

2.2.5. Caractérisation chimique de la prune noire

Le pH, l'acidité totale mesurée par titrimétrie, la teneur en eau et la matière sèche basée sur la déshydratation par séchage ont été déterminés suivant la méthode [21]. La teneur en sucres totaux a été déterminée par la méthode décrite par [22]. La teneur en extraits secs solubles a été déterminée par refractométrie en utilisant la méthode [21]. Le rapport entre la teneur en extraits secs solubles (ESS) et l'acidité totale (AT) a permis de déterminer l'indice de maturité (β) des fruits de la prune noire (équation 9) [23]:

$$\beta = \frac{ESS}{AT} \quad (E9)$$

3 RESULTATS

3.1 PROFILS DES CONSOMMATEURS

Les résultats de l'enquête sont présentés par la **figure 2** qui représente la répartition des consommateurs par rapport à leurs caractères socio-démographiques.

L'enquête révèle que sur les 400 personnes interrogées 51, 50 % sont des hommes et 48, 50 % des femmes. Ces personnes sont réparties dans différents groupes ethniques dont 82, 02 % sont des Gours, 14, 71 % des Mandés du nord, 2 % des Akans et 1, 25 % des étrangers. En effet dans cette région du Gontougo (Nord-Est de la Côte d'Ivoire) et en particulier dans le département de Bondoukou, il est constaté que les fruits de la prune noire sont beaucoup consommés par le groupe ethnique Gour (Koulango, Nafana et Lobi) dans les quatre (4) localités enquêtées.

A l'analyse de la **figure 2**, au niveau professionnel, les grands consommateurs de la prune noire sont les cultivateurs qui représentent 37, 25 % et les petits consommateurs sont les étudiants. La **figure 2** montre également que le groupe des illettrés représentant 79, 75 % (la majorité) des personnes consommatrices de la prune des savanes et celui des lettrés 20, 25 %.

Par ailleurs, vu que les personnes les plus consommatrices de ces fruits ont un âge compris entre 29 et 39 ans (32, 25 %), l'on peut donc affirmer que ce sont les adultes qui consomment en général la prune des savanes.

Aussi, les enquêtes ont révélé que la profession, le niveau d'instruction et le groupe ethnique ont chacun une influence significative sur le niveau de consommation, la fréquence de consommation et la quantité de fruit consommée. Quant à l'âge, il n'a d'influence que sur la fréquence de consommation (Tableau 2).

3.2 ETAT DE CONNAISSANCE DU PRUNIER NOIR

Le **tableau 1** fait le récapitulatif de la disponibilité, l'accessibilité, le mode d'obtention, la forme de consommation, la transformation et la conservation du fruit et de la graine de la prune noire. Plus de la moitié, à savoir 89, 50 % des personnes interrogées confirme la disponibilité de la prune noire contre 10, 50 %. L'accessibilité est notée à plus de 63, 50 %. Aussi, 94, 50 % des populations consommatrice de la pulpe de ce fruit l'obtiennent par ramassage.

L'enquête a également révélé que ces fruits sont consommés sous forme brute (100 % des personnes interrogées). Ils ne sont donc pas transformés (100 % des personnes interrogées), ni conservés. Cependant, la graine de la prune noire n'est ni consommée, ni transformée pour la totalité des personnes interrogées (100 %) (**Tableau 1**).

3.3 CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES ET PHYSIQUES DU FRUIT DE LA PRUNE NOIRE

Les **tableaux 3 et 4** donnent les caractéristiques morphologiques de la prune noire permettant de la distinguer. Il ressort du **tableau 3** que le fruit de la prune des savanes issu du département de Bondoukou, a une longueur moyenne de $2,46 \pm 0,35$ cm, une largeur de $2,18 \pm 0,31$ cm et une épaisseur moyenne de $2,18 \pm 0,31$ cm. A l'intérieur du fruit, se trouve une graine de longueur moyenne $1,81 \pm 0,30$ cm, de largeur moyenne $1,40 \pm 0,29$ cm et de circonférence $5,60 \pm 0,47$. Par ailleurs, la circonférence, l'indice de calibre, l'indice de sphéricité et l'aspect ratio de ce fruit sont respectivement de $7,83 \pm 2,33$ cm, $3,42 \pm 0,60$, $62 \pm 7,00$ % et $89,84 \pm 14,22$ % (**Tableau 4**).

La graine de masse moyenne $3,33 \pm 0,76$ g, représente $31,56 \pm 9,67$ % de la masse totale du fruit ($10,55 \pm 2,21$ g) (**tableau 5**).

Outre la graine, la peau et la pulpe de valeurs massiques respectivement $0,95 \pm 0,42$ g et $6,27 \pm 2,03$ g constituent les autres parties du fruit. Ces deux dernières font respectivement $9,01 \pm 4,41$ et $59,43 \pm 9,64$ % de la masse totale du fruit. La pulpe est donc la partie fondamentale du fruit de la prune noire. Une fois mûr, il a un volume de $0,10 \pm 0,03$ cm³ et une masse volumique de $121,33 \pm 55,44$ g/cm³.

Quant à la couleur du fruit, elle est mise en exergue dans le **tableau 6** à travers la chromaticité. La valeur du paramètre a^* est positive ($21,91 \pm 3,14$) et correspond à une dominance rouge. La valeur du paramètre b^* est négative ($-21,36 \pm 2,19$) et correspond à une dominance bleue. La luminosité L^* proche de la valeur 0 (noir) ($3,56 \pm 0,82$) indique que le fruit est très sombre. La teinte de l'angle ($38,92^\circ \pm 8,991$) et la Chroma ($475,34 \pm 102,33$), révèlent que le fruit de la prune des savanes est de coloration rouge-violet (angle de teinte plus proche de 0°) hautement saturée donc d'une forte intensité (**Tableau 6**).

3.4 CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES DE LA PULPE DU FRUIT DU PRUNIER NOIR

Du **tableau 7**, il ressort que la pulpe du fruit de la prune noire du département de Bondoukou, d'épaisseur $0,78 \pm 0,38$ cm, a une teneur en eau, en matières sèches et en sucres totaux respectivement de $69,18 \pm 0,02$ %, $30,82 \pm 1,36$ % et $2,5 \pm 0,53$ meq glc/ml. Le pH de la pulpe du fruit mûr de la prune noire est acide avec une valeur de 4,6.

4 DISCUSSION

La prune noire est une plante dont les fruits sont consommés en Côte d'Ivoire notamment dans la région de Gontougo. A l'issue de l'enquête réalisée dans cette région en particulier dans le département de Bondoukou, il est constaté que les fruits de la prune noire sont beaucoup consommés par le groupe ethnique Gour (Koulango, Nafana et Lobi) dans les quatre (4) localités enquêtées. Un résultat attendu car ce département renferme le groupe ethnique Gour. Et cela serait dû à leur culture alimentaire. Par ailleurs, le groupe des illettrés représentent la majorité des personnes consommatrices des fruits de la prune noire. Au niveau professionnel, les grands consommateurs de la prune noire sont les cultivateurs. Cela serait dû au fait que pendant la période de fructification, le long des routes qui mènent dans les champs et même dans ceux-ci, les fruits abondent. Ainsi, les fruits de cet arbre sont utilisés d'une part, comme un aliment apaisant la faim lors des travaux champêtres, et d'autres part comme tonifiant. Etant donné que la majorité des cultivateurs sont des illettrés alors par ricochet ces illettrés sont les plus grands consommateurs. En plus, selon Comité National d'Alphabétisation [24], la région du Gontougo en général et le département de Bondoukou en particulier est une zone à fort taux de personnes analphabètes (56, 40 % d'hommes et 70, 80 % de femmes). Ce qui expliquerait aussi le fort taux d'illettrés qui consomment la prune noire.

De plus, les personnes consommatrices de ces fruits sont en général des adultes. Le phénomène d'exode rural pourrait expliquer ce résultat. En fait, les jeunes (âge inférieur à 29 ans) pensent avoir un avenir meilleur dans les zones urbaines [25]. Ce n'est qu'après plusieurs échecs, qu'ils s'orientent à nouveau vers les zones rurales.

En outre, les fruits de la prune noire s'obtiennent par ramassage. La taille de l'arbre pourrait expliquer le mode d'obtention de ces fruits car, les arbres de la prune noire atteignent environ 10 m de haut. Aussi, l'enquête a révélé que ces fruits sont-ils consommés sous forme brute. Ils ne sont donc pas transformés, ni conservés. Eu égard à ce constat, l'initiation de pratiques « nouvelles » pourrait contribuer à leur valorisation. Par exemple, la fabrication de boissons fraîches ou alcoolisées à partir de la pulpe [2], sa déshydratation et sa transformation en poudre.

Selon [26], les variables socio-démographiques telles que le genre, l'âge, l'éducation et le revenu peuvent influencer les régimes alimentaires dans une région donnée et au sein d'un groupe ethnique. Effectivement, les enquêtes révèlent que la profession, le niveau d'instruction et le groupe ethnique ont chacun une influence significative sur le niveau de consommation, la fréquence de consommation et la quantité de fruit consommée. Quant à l'âge, il n'a d'influence que sur la fréquence de consommation. De ce fait, une sensibilisation à l'endroit des autres groupes ethniques sera nécessaire pour une meilleure vulgarisation de ce fruit.

Le fruit de la prune noire issu du département de Bondoukou est long et large respectivement de $2,46 \pm 0,35$ et $2,18 \pm 0,31$ cm. Quant à la graine, elle mesure $1,81 \pm 0,30$ cm de longueur et $1,40 \pm 0,29$ cm de largeur. Ces caractéristiques morphologiques sont proches de celles obtenues par [27] au Kenya pour le fruit entier (3 cm de longueur). Ce qui n'est pas le cas pour les résultats obtenus sur les graines (2.46 et 2.18 cm respectivement de longueur et de largeur). Les graines des fruits issues du département de Bondoukou sont donc plus petites que celle du Kenya. Cela implique que les fruits de cette localité sont proportionnellement plus pulpeux que ceux du Kenya. Il est fort probable que cette différence soit dû à la différence pédoclimatique. Ainsi, la détermination des différentes dimensions de ce fruit pourrait être d'une importance capitale dans la conception de machines relatifs à la mécanisation des opérations entrant dans son traitement notamment le lavage, le dépulpage, le broyage etc... [28] [16].

De plus, l'indice de sphéricité moyennement élevée ($62 \pm 0,07$ %) et l'aspect ratio élevé ($89,84 \pm 14,22$ %) de ce fruit permettent de déduire que les fruits issus du département de Bondoukou ont une forme qui tend vers une sphère et auront alors plutôt tendance à rouler que de glisser. Ces deux caractéristiques peuvent donc être utiles pour la conception de trémies pour la manipulation du fruit [29].

La pulpe ($59,43 \pm 9,64$ % de la masse totale du fruit) est la partie fondamentale du fruit du prunier noir. Ainsi, la graine faisant environ un tiers du fruit entier, son utilisation pourrait constituer un gain sur le plan économique pour les populations, d'où l'importance de valoriser cette ressource disponible et non utilisée en Côte d'Ivoire. Par ailleurs, le développement de technologies appropriées permettrait la valorisation de cette partie du fruit notamment sa transformation en thé.

En outre, ces fruits issus de cette même zone sont de coloration rouge-violet foncé. Cette coloration serait dû à la présence d'anthocyanes dans les fruits de la prune des savanes. En effet, les anthocyanes sont des métabolites secondaires responsables en grande partie de la coloration allant du rouge au violet de certaines parties des végétaux. Ce sont entre autres les fruits, les fleurs et les feuilles [30] [31]. Ainsi, ces fruits pourraient représenter une aubaine pour l'industrie de colorant cherchant des alternatives que sont les colorants naturels [31] afin de pallier l'hyperactivité des enfants causée par les colorants artificiels [32]. Aussi, la consommation régulière de ces fruits serait-elle bénéfique pour la santé compte tenu de la capacité des anthocyanes qui sont des flavonoïdes et donc des composés phénoliques, à prévenir les maladies dégénératives et cardiovasculaires de par leur pouvoir antioxydant [33].

Selon les résultats obtenus, la teneur en eau ($69,28 \pm 0,00$ % d'échantillons frais) de la pulpe du fruit mûr de la prune noire est supérieure à celle obtenue par [10], pour le même fruit ($16,66 \pm 1,06$ % d'échantillons frais) et proche celle obtenue par [34] et [35] ($67,90$ % d'échantillons frais). En revanche, cette humidité est inférieure à celle de la pulpe du fruit du *Vitex dollis* [36] et du fruit d'*Ehretia tinifolia* [37] respectivement de $87 \pm 0,9$ et $88,7 \pm 0,64$ % d'échantillons frais. Selon [38], l'âge de la plante, la période du cycle végétatif et même les facteurs génétiques sont des facteurs qui peuvent aussi influencer les teneurs en eau. Le fruit mûr de la prune noire est ainsi un fruit périssable sujet à d'importantes pertes post récoltes. La maîtrise des paramètres de stockage et de transformation serait donc un atout considérable pour la filière.

Il est aussi bien connu que le pH d'un fruit compris entre 3 et 6 est très favorable au développement des levures et moisissures [39]. Le pH de la pulpe du fruit mûr de la prune noire est acide avec une valeur de 4,6. Cette valeur de pH est inférieure à celle trouvée par [9], mais supérieur au pH de bien d'autres fruits tels que *Arbutus unedo* L., la goyave à chair rose, l'ananas, l'orange, la grenade et le kiwi [40] [41]. Le pH de la pulpe du fruit mûr étudié traduit parfaitement l'aspect périssable du fruit seulement quelques jours après la récolte.

Son acidité totale de $1,73 \pm 0,23$ meq/100 g, est largement supérieure à celle du ditax ($0,16$ meq / 100 g) [42]. Par contre, cette valeur d'acidité exprimée dans le fruit mûr de la prune noire est inférieure à celles des fruits à pain de singe, du maad (*Saba senegalensis*) et du bissap avec des valeurs respectives de $97-144$ meq / 100 g, $78,5$ meq / 100 g et $943,64$ meq / 100 g [43]. Une acidité trop élevée nuit à la qualité gustative [44]. La valeur de l'acidité titrable de la prune noire lui donne une bonne qualité gustative.

C'est au cours du murissement que s'élabore la qualité organoleptique des fruits notamment l'accumulation de sucres et d'acides [45]. Cependant, la période pendant laquelle le produit garde une qualité optimum est éphémère. C'est la raison pour laquelle il est nécessaire de connaître quelques indices de maturité des fruits afin de les récolter au moment idéal. La couleur,

la teneur en extraits secs solubles (sucres) et l'acidité totale sont des paramètres souvent associés au stade de maturité du fruit [46]. La teneur en extraits secs solubles de la prune noire issu du département de Bondoukou est $18,53 \pm 1,36$ °B. Le rapport de cette dernière avec celle de l'acidité totale conduit à un degré de maturité de $10,80 \pm 1,51$.

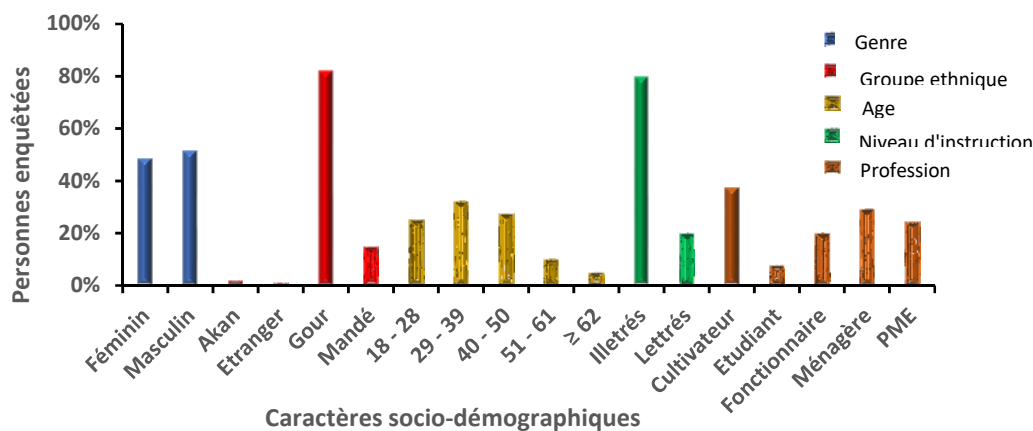


Fig. 2. Répartition des consommateurs par rapport aux caractères socio-démographiques.

Tableau 1. Tableau récapitulatif de la disponibilité, l'accessibilité, le mode d'obtention, la forme de consommation, la transformation et la conservation du fruit et de la graine de la prune noire.

		Fruit (pulpe) (%)	Graine (%)
Disponibilité	Disponible	89,50	89,50
	Non disponible	10,50	10,50
Accessibilité	Accessible	63,50	63,50
	Non accessible	36,50	36,50
Mode d'obtention	Ramassage	94,50	94,50
	Achat	5,50	5,50
Forme de consommation	En frais	100	0
Transformation	Transformé	0	0
	Non transformé	100	100
Conservation	Conservé	0	0
	Non conservé	100	100

Tableau 2. Test de khi 2 montrant l'influence des variables socio-démographiques sur la consommation du fruit de la prune noire

Etat de connaissance	Paramètres statistiques	Genre	Age	Groupe ethnique	Niveau d'instruction	Profession
Niveau de consommation	Khi 2	1,838	21,812	93,941	38,263	121,058
	Signification asymptotique	0,607	0,113	0,000*	0,000*	0,000*
Fréquence de consommation	Khi 2	3,740	47,099	144,652	56,498	149,114
	Signification asymptotique	0,587	0,005	0,000*	0,000*	0,000*
Quantité consommée	Khi 2	2,304	22,974	70,902	34,048	103,709
	Signification asymptotique	0,512	0,085	0,000*	0,000*	0,000*

Si signification asymptotique $\leq 0,05$ alors il y a une influence de la variable socio-démographique sur la consommation du fruit du *V. doniana*

* : Influence significative à 5 %

Tableau 3. Caractéristiques morphologiques de la prune noire

Paramètres statistiques	Grandeurs morphologiques du fruit						
	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Epaisseur (cm)	Circonférence (cm)	lc	ls (%)	Ra (%)
M (σ)	2,46 (0,35)	2,18 (0,31)	2,18 (0,31)	7,83 (2,33)	3,42 (0,60)	62 (7,00)	89,84 (14,22)

$n = 71 \times 3$ (Résultats obtenus à partir de 3 fois 71 fruits) ; M= moyenne ; σ : écart type;

$M \pm \sigma$ = intervalle de confiance.

Tableau 4. Caractéristiques morphologiques de la graine de la prune noire

Paramètres statistiques	Grandeurs morphologiques de la graine		
	Longueur	Largeur	Circonférence
M (σ)	1,81 (0,30)	1,40 (0,29)	5,60 (0,47)

$n = 71 \times 3$ (Résultats obtenus à partir de 3 fois 71 fruits) ; M= moyenne ; σ : écart type; $M \pm \sigma$ = intervalle de confiance.

M= moyenne ; σ : écart type

Tableau 5. Valeurs massiques du fruit entier et de ses différentes parties

Paramètres statistiques	Grandeurs massiques								
	MFr (g)	MPe (g)	MPu (g)	MGr (g)	PPu (%)	PPe (%)	PGr (%)	VFr (cm ³)	ρ (g/cm ³)
M (σ)	10,55 (2,21)	0,95 (0,42)	6,20 (2,03)	3,33 (0,76)	57,38 (10,66)	9,05 (4,41)	31,57 (9,64)	0,10 (0,03)	121,33 (55,44)

$n = 71 \times 3$ (Résultats obtenus à partir de 3 fois 71 fruits) ; M= moyenne; σ : écart type; MFr : Masse du fruit entier ; MPe : Masse de la peau du fruit ; MPu : Masse de la pulpe ; MGr : Masse de la graine ; PPe : Proportion de la peau ; PPu : Proportion de la pulpe ; PGr : Proportion de la graine ; VFr : Volume du fruit ; ρ : Masse volumique du fruit (Densité spécifique).

Tableau 6. Chromaticité et luminosité (CIE, Lab) de la pulpe de la prune noire

Paramètres statistiques	Indice chromatique de a^*	Indice chromatique de b^*	Indice de luminosité L^*	Chroma C^*	Angle de teinte H^* (°)
M (σ)	21,91 (3,14)	-21,36 (2,19)	3,59 (0,82)	475,34 (102,55)	38,92 (8,99)

M= moyenne; σ : écart type

Tableau 7. Caractéristiques physicochimiques de la pulpe de la prune noire

Paramètres statistiques	E (cm)	pH	ST (meg glc/ml)	AT (meq/100g)	ESS (°B)	MS (%)	TE (%)	(β)
M (σ)	0,78 (0,38)	4,79 (0,03)	2,5 (0,53)	1,73 (0,23)	18,53 (1,36)	30,82 (1,02)	69,18 (1,02)	10,80 (1,51)

$n = 71 \times 3$ (Résultats obtenus à partir de 3 fois 71 fruits) ; M= moyenne ; σ : écart type ; E: épaisseur; ST: sucres totaux; AT: acidité totale; ESS: extraits secs solubles; MS: matières sèches; TE: teneur en eau; β : degré de maturité.

5 CONCLUSION

Cette étude a permis de faire ressortir le profil des consommateurs de la prune des savanes par la mise en évidence de l'état de connaissance de ce fruit, dans le département de Bondoukou. Ainsi, l'étude sociologique a révélé que le groupe ethnique Gours consomme le plus les fruits de la prune noire. En plus l'étude indique que les cultivateurs illettrés dont la tranche d'âge varie entre 29 et 39 ans sont les plus consommateurs. Par ailleurs aucune méthode de conservation du fruit et de transformation de la graine n'existe. En revanche, la transformation de la prune noire en bioproduits (boisson fraîche, farine, boisson alcoolisée, graine torréfiée comestible) contribuera à sa valorisation. Par la suite l'étude physique et chimique

réalisée a permis de dégager quelques propriétés pouvant être utiles à la conception d'équipements de transformation du fruit et de la graine, par des coopératives de transformateurs mais également par des industriels désireux de se lancer dans le domaine de la conservation et la transformation de ces fruits.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier l'équipe du laboratoire des Procédés Industriels, de Synthèse et de l'Environnement de L'Institut National Polytechnique Houphouët-Boigny (INP-HB), Côte d'Ivoire et l'ensemble de la population du Département de Bondoukou.

REFERENCES

- [1] Oumarou M., Sinadouwirou T., Kiki M., Glèlè K. R., Mensah G. A. & Sinsin B. (2010). Disturbance and population structure of *Vitex doniana* Sw. in northern Benin, West Africa. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4 (3): 624-632.
- [2] Ambé G. A. (2001). Les fruits sauvages comestibles des savanes guinéennes de Côte-d'Ivoire : état de la connaissance par une population locale, les Malinkés. *Biotechnol. Agron. Soc. Env.* 5 (1): 43-58.
- [3] Ouattara N. D., Gaille E. Stauffer F. W. & Bakayoko A. (2016). Diversité floristique et ethnobotanique des plantes sauvages comestibles dans le Département de Bondoukou (Nord- Est de la Côte d'Ivoire). *J. Appl. Biosci.* 98: 9284 – 9300.
- [4] Tiébré MS., Ouattara D., Tra Bi V. A., Gnagbo A. & Kouakou E. (2016). Diversité floristique et disponibilité des plantes utilitaires en zone soudanienne de la Côte d'Ivoire. *J. Appl. Biosci.* 102: 9699 – 9707.
- [5] Ouattara D., Kouame D., Tiebre MS., Cisse A. & N'guessan K. E. (2016). Diversité floristique et usages des plantes dans la zone soudanienne du Nord-ouest de la Côte d'Ivoire. *J. Anim & Plant Sci.* 1(31): 4815 - 4830.
- [6] Ekué M. R. M., Codjia J. T. C., Fonton B. K. & Assogbadjo A. E. (2008). Diversité et préférences en ressources forestières alimentaires végétales des peuples Otammari de la région de Boukoumbé au Nord-Ouest du Bénin. *Bulletin Recherche Agronomique du Bénin.* 60: 1-12.
- [7] Assogbadjo A. E. & Ekué M. R. M. (2003). Diversité et valorisation au niveau local des ressources forestières alimentaires végétales du Bénin. *Cahiers agricultures.*
- [8] Arbonnier M. (2009). Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. Editions Quae.
- [9] Ajenifujah-Solebo S. & Aina J. (2011). Physico-chemical properties and sensory evaluation of jam made from black-plum fruit (*Vitex doniana*). *Afr. J. Food, Agr., Nut. Dev.* 11 (3).
- [10] Vunchi M. A., Umar A. N., King M. A., Liman A. A., Jeremiah G. & Aigbe C. O. (2011). Proximate, vitamins and mineral composition of *Vitex doniana* (black plum) fruit pulp. *J. Basic App. Sci.* 19(1): 97- 101.
- [11] Acipa A., Kamatenesi-Mugisha M. & Oryem-Origa H. (2005). Nutritional Profile of Some Selected Food Plants of Otwal and Ngai Sub Counties, Oyam District, Northern Uganda. *Afr. J. Food, Agr., Nut. Dev.* 19(2): 289-294.
- [12] Kini F., Saba A., Ouedraogo S., Tinguéri B., Sanou G. & Guissou IP. (2008). Potentiel Nutritionnel Et Therapeutique De Quelques Espèces Fruitières « Sauvages » Du Burkina Faso. *Pharm. Méd. Trad. Afr.* 15 : 32 – 35.
- [13] Rabiat U. H., Jigam A. A., Makun H. M. & Egwim E. C. (2014). Phytochemical screening and antioxidant activity of methanolic extract of selected wild edible Nigerian mushrooms. *Asian Pac J Trop Dis.* 4(1): 153-157.
- [14] Salih N.K-E.M. & Yahia E.M. (2015). Phenolics and fatty acids compositions of vitex and baobab seeds used as coffee substitutes in Nuba Mountains , Sudan. *Agric. Biol. J. N. Am.* 6(3): 90-93
- [15] Harrak H.r, Boujnah M.2 & Hamouda A. (2003). Caractérisations physiques et morphologiques des principales variétés de dattes marocaine. *Al Awamia* 107.
- [16] Diakabana P., Kobawila S. C., Massengo V. & Louembé D. (2013). Effet du degré de maturation sur la cinétique de fermentation éthylique de la pulpe de mangue cultivar BOKO. *Cameroon J. Exp. Biol.* 9(1): 1-8.
- [17] Jithender B., Vyas D.M., Abhisha S. & Rathod P.J. (2017). Determination of Physical and Mechanical Properties of Pomegranate (Var . bhagwa) Fruit and Aril. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 6(10): 879-885.
- [18] Ondo-azi A.S., Ella M. C. & Silou T. (2009). Classification of *Dacryodes edulis* (G . Don) H. J. Lam by using morphological and physical characteristics of the fruits : a statistical approach. *Forests Trees Li.* 19: 99-109.
- [19] Zoubida K. M., Driss E. & Boutekrabt B. L. (2015). Morphological and physicochemical characteristics of three pomegranate cultivars (*Punica granatum* L .) grown in northern Algeria. *Fruits.* 71(1): 17-26.
- [20] Khathutshelo L. M., Puffy S., Ngezimana W. & Fhatuwani N. M. (2014). Evaluation of physico – chemical properties of pomegranate (*Punica granatum* L .) cultivar ' Wonderful ' on three locations of South Africa. *Trop. Agric. (Trinidad).* 91(3).
- [21] AOAC (1990). Official methods of analysis, vol 2, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 37.
- [22] Dubois M., Gilles K. A., Hamilton J. K., Rebers P. A. & Smith E. (1956). Colorimetric methods for determination of sugars and related substances. *Ana. Chem.* 28: 350- 356.

- [23] Olaniyi A. F. & Umezuruike L. O. (2013). Changes in physical properties, chemical and elemental composition and antioxidant capacity of pomegranate (cv. Ruby) fruit at five maturity stages. *Scientia Horticulturae*. 150: 37–46.
- [24] Comité National d'Alphabétisation, Côte d'Ivoire (2016).
- [25] Youho G. N. (2017). L'exode rural des jeunes adultes en Côte d'Ivoire [microforme] : éléments d'explication et hypothèses d'action en éducation des adultes. Thèse. Université de Montréal. Canada.
- [26] Honfo F. G., Tenkouano A. & Coulibaly O. (2011). Banana plantain-based foods consumption by children and mothers in Cameroon and Southern Nigeria: A comparative study. *Afr. J. Food Sci.* 5: 287-291.
- [27] Beentje, H., Adamson, J., & Bhandari, D. (1994). Kenya trees, shrubs, and lianas. National Museums of Kenya.
- [28] Omobuwajo T.O., Akande E.A. & Sanni L.A. (1999). Selected physical, mechanical and aerodynamic properties of African breadfruit (*Treculia africana*) seeds. *J. Food Engineering*. 40(4): 241 – 244.
- [29] Burubai W. & Amber B. (2014). Some Physical Properties and Proximate Composition of Ngologolo Fruits. *J Food Process Technol.* 5(6): 1 – 5.
- [30] Gomez C. (2009). Etude des mécanismes de stockage des anthocyanes dans la baie de raisin caractérisation fonctionnelle des gènes impliqués dans ces mécanismes. Mémoire de thèse. Montpellier SUPAGRO. France. 202p.
- [31] Beye C. Tounkara L. S., Seck M. A., Thonart P. & Fickers P. (2015). Opportunités pour la valorisation des végétaux riches en anthocyanes comme sources de colorants alimentaires (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Env.* 19(4): 392-401.
- [32] Clément P. (2015). Hyperactivité et troubles de la concentration: de la théorie à la pratique. *Acupuncture & Moxibustion*. 14(1): 43 – 49.
- [33] Boussetta N. (2010). Intensification de l'extraction des polyphénols par électrotechnologies pour la valorisation des marcs de champagne. Université de technologies Compiègne. France. 255p.
- [34] Abu D. J. (2002). Development of a sweetener from black plum (*vitex doniana*) fruit. *Int. J. Food Properties*. 5(1): 153–159.
- [35] Stadlmayr B., URuth C., Eisenwagen S., Jamnadass R. & Kehlenbeck K. (2013). Nutrient composition of selected indigenous fruits from sub-Saharan Africa. *J. Sci Food Agric*. 93: 2627–2636.
- [36] Montiel-Herrera M., Camacho-Hern I. L., Rios-Morgan A. A. & Delgado-Vargas F. (2004). Partial physicochemical and nutritional characterization of the fruit of *Vitex mollis* (Verbenaceae). *J. Food Com. Anal.* 17: 205–215.
- [37] Juan F. P., Sylvia P. D., Mercedes L. G., Julio M., Gabriela L. & Francisco D. (2012). Características físicoquímicas, nutricias y antioxidantes del fruto de *Ehretia tinifolia*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 83: 273-280.
- [38] Athamena S. (2009). Etude quantitative des flavonoïdes des graines de *Cuminum cyminum* et les feuilles de *Rosmarinus officinalis* et l'évaluation de l'activité biologique. Thèse de Magistère. Université El Hadj Lakhdar. Batna. 88p.
- [39] Gatel R. (1982). L'aliment à l'humidité intermédiaire : Concept fondamental et fonction scientifique. Ed. APRIA. 39-50.
- [40] Espiard E. (2002). Introduction à la transformation industrielle des fruits, Lavoisier. Editions TEC & DOC. 360 p.
- [41] Doukani K. & Tabak S. (2015). Profil Physicochimique du fruit "Lendj" (*Arbutus unedo L.*). *Nature & Technology*. 53 – 66.
- [42] Cisse M. (2012). Caractérisation de quelques fruits du Sénégal, stabilisation et concentration de jus de fruits tropicaux par des techniques membranaires, Thèse de Doctorat. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Sénégal. 210 p.
- [43] Diop N. (2010). Amélioration de la compétitivité des boissons et nectars à base de fruits locaux au Sénégal, Rapp. Tech. n°2, Proj. *FNRAA-ITA*. 13p.
- [44] Signoret V. (2004). Caractérisation de déterminants génétiques pour les critères de qualité de l'abricot, recherche de qtl. Mémoire pour l'obtention du diplôme de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes. 57 p.
- [45] Génard M., Robin C., Gautier H., Massot C., Bénard C., Lariat R., Bertin N., Le Bot J., Adamowicz S. & Bourgaud F. (2010). Elaboration de la qualité du fruit : composition en métabolites primaires et secondaires. *Innovations Agronomiques* 9: 47-57.
- [46] Kagy V. (2010). Effet de l'ensoleillement en pré récolte sur l'acquisition d'une thermotolérance des mangues (*Mangifera indica L.*). Impact sur leur réponse physiologique aux traitements à la chaleur en après récolte. Mémoire de thèse. Université de la Nouvelle-Calédonie. Nouvelle-Calédonie. 361p.

Identification of biofortified beans (*Phaseolus vulgaris* L) : Case study on genetic diversity, relationship and rates of iron and zinc concentrations in farmer's accession, in eastern DR Congo

N. Mbikayi¹, A.D. Mumba², P.M. Kiman³, R. Kizungu⁴, and C. Mirindi¹

¹Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques (INERA), B.P. 2037 Kinshasa 1, RD Congo

²Université Pédagogique Nationale (UPN), Département de Phytotechnie, B.P. 8815, Kinshasa-Ngaliema, RD Congo

³University of Nairobi (OUN), Kenya

⁴Université de Kinshasa-11, Faculté d'Agronomie, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The aim of the study was to determine variation in iron and zinc concentrations in farmer's accessions, relationship, and rates between the two essential minerals. Six sites were utilized for collecting accessions in two bean growing zones: South and North Kivu. The South Kivu comprised: Kabare, Walungu and Uvira and the North Kivu: sites of Goma, Rutshuru and Butembo. The CIAT Atlas "African Bean Environment (AFBE) was utilized to characterize the sites. Thousand collected accessions were characterized and went seed increase. The mineral analysis was carried out at Adailine Laboratory, Australia using the inductively coupled plasma (ICP)-method. The 383 genotypes selected went statistical analyses. The ANOVA and correlation analysis was performed using Pearson's product-moment method to determine the relationship between iron and zinc concentrations. The rates and trends of iron and zinc concentrations were calculated using respectively R software Analysis and the Scatter Diagram Technique. All data were analyzed using Statistix10 and R Development Core Team Software. High variation in iron and zinc concentrations with mean ranges of 71.63 ppm for iron and 30.69 ppm for zinc was found. Highly significant correlation ($r=0.94^{***}$) between iron and zinc concentrations. The effects of variety, environment and growth habit on the mineral concentrations of genotypes were highly significant (***). The rates calculated based on targets were: 3.4% at low concentration (40-50 ppm); 21.7% at baseline level (50-60ppm); 31.0% at increment target (60-70ppm); 21.4% at 1st wave target (70-80ppm); at 2nd wave target (80-90 ppm); and 3rd wave target ≤ 94 ppm).

KEYWORDS: Bean farmer's accessions, Biofortified beans, Mineral analysis.

1 BACKGROUND

Common bean is one of the staple foods in the Democratic Republic of Congo (RDC). It is regarded as the near-perfect food or "meat for the poor as farmer said. Bean provides cholesterol-free dietary proteins, energy, folic acid, fiber and micronutrient such as iron and zinc in a variety of dishes. More than 50% of the beans consumed in DR. Congo is produced in the eastern part of the country that encompasses the provinces of South and North Kivu. The sustainability of the bean production in the region has been based on the selection and utilization of cultivars from accessions maintained by farmers for many generations. Farmers maintain bean accessions as pure stands or mixtures of seeds depending up on objectives and environments. The pure stands accessions are oriented on market demand. However mixture accessions designated for home consumption and are more resilient to stresses.

The biofortified beans are rich in iron and zinc micronutrients and remain ways of reducing iron deficiency which the public health problem in the D.R. Congo and in the region of African. In the regions of the North and south Kivu, beans are staple food

and the consumption has been estimated at 300 grams per capita per day [1]. The surveys conducted on five main legume crops the most eaten, the beans ranked first with 83.8 %, followed by groundnut (8.1%), soybeans (6.3%), peas (0.9 %) and others (0.9%). The mean production of six years had showed high production of these four legume crops: 38.925,2 Tones for beans (75%); 11,707.8 Tones for the groundnut (22%); 862.3 Tones for Soybeans (1.7%); and 673.8 Tones or (1.3%) for the peas [2]. However, in spite of these crop productions, the prevalence of iron deficiency in the country was found higher: 36% of the pre-school children in North Kivu, and 47% in South Kivu had iron deficiency anemia [3]. At the national level, the surveys conducted in 2005 have showed 71% iron deficiency among pre-school children, and 53% among pregnant women [4]. In general people suffer from iron deficiency and iron deficiency anemia which may be provided by the poor diet food eaten by majority of people. The question is why bean has not contributed to food diet in spite of its micronutrient contents? This answer would be oriented on the presence of micronutrients in the farmer's beans accessions and availability in the consumed food. The quality of the farmer's bean accessions should be known and the diet food should be improved by incorporating the biofortified bean varieties in the farmer's seeds.

Biofortification aims at generating nutritionally improved crop varieties through conventional plant breeding and modern biotechnology to achieve a measurable and positive impact on human health [5]. It is a novel genetic approach that combines high concentration as one of the selection traits with other desirable agronomic traits.

Breeding biofortified bean varieties is a low cost breeding approach designed to combat public health problems such as iron deficiency in diets of the poor people. Moreover, incorporation of participatory breeding approaches can enhance rapid adoption and wider reach with these biofortified varieties [6].

The two sets of fast-track bean lines composed of bush and climbing local germoplasme accessions were evaluated in the central Africa from 2004 - 2007 [7]. The first generation (or Fast track) biofortified bean was targeted in 2008 with 70 ppm iron and 30 ppm zinc. In 2009, the development of second generation biofortified lines started with higher iron and zinc targets: iron 90 ppm and zinc 40 ppm. The current work is to screen germoplasme to identify lines or cultivars higher in iron and zinc than fast track bean lines having 94 ppm or more to fulfill daily intake requirement. Information has been focused on the baseline, target genotype and estimated biofortified target increment [8]. Previous germoplasme collections had showed high incidence of Fe and Zinc rich genotypes originated from this region [9].

The purpose of this study was to identify the target biofortified bean genotypes in the farmer's bean accessions in eastern DR. Congo and to estimate their rates in the collected bean accessions.

2 MATERIALS AND METHODS

The main activities were focused on characterization, evaluation and analysis of iron and zinc mineral concentrations in identified bean genotypes.

2.1 COLLECTION OF BEAN ACCESSIONS

Farmer's bean accessions were collected in the bean growing areas of eastern D.R. Congo. The accessions included landraces and improved varieties introduced by the National Bean Program to sustain production, consumption and trade of beans.

2.2 ZONES OF ACCESSION COLLECTIONS

Accessions were collected from 2006 to 2012. Samples were collected from Kabare, Walungu and Uvira in South Kivu, and Goma, Rutshuru and Butembo in North Kivu. These bean growing zones were described according to the CIAT Bean Atlas called "African bean environment (AFBE)" [10] as followed:- The South Kivu and North Kivu zones were covered by AFBE2, AFBE7 and AFBE8.

AFBE2: Sub humid highlands on acid soils at low latitudes, 1.0 S and 5.0 S. >1500 masl; >400 mm with available moisture; with soil pH <5.5; Bimodal/Photoperiod (with neutral effects on bean plants); on dystic Nitosol.

AFBE7: Sub humid areas at mid-altitudes and low latitudes are described as followed: At North-East and West Kivu on latitude 3.0 N and 0.0 of the orthic Ferralsol type; with 1000-1500 masl; >400 mm available moisture; with soil pH >5.5; bimodal/Photoperiod (with neutral effects on bean plants); on orthic Ferralsol and eutric Nitosol in the North-east and humic Nitosol and dystic Nitosol in west Kivu.

AFBE8: Sub humid areas at mid-altitudes and mid-latitudes, at latitude 5.0 S and 13.0 S. 1000-1500 masl; >400 mm available moisture; on rhodic Ferralsol, with soil pH >5.5: unimodal/Photoperiod (with probable effects on bean plants)

More than 1000 bean accessions were collected, characterized, evaluated step by step according to available spaces in the greenhouse. To avail seeds for mineral analysis, the selected genotypes seeds went seeds increase in the field. In the greenhouse, each genotype was planted by row on the sol benches. Each bench was filled with fertile soil collected from the field. From the thousand collected bean accessions, 880 genotypes were identified after mineral analysis [11]. The fields activities were carried out based on the following protocol: the area of 2700 m² covers bush and climbing bean types. A one row line planting, for the bean bush type, was utilized by genotype that gave a plot size of 3 m long and 0.4 m large that gave the plot size of 1.2m². For the climbing bean types, a one row line was also utilized as followed: a line of 3 m long with 0.5 m large that gave a plot of 1.5 m². The spacing within row was 0.10m. Evaluation parameters were based on the morphological and physiological stresses. After characterization and evaluation of genotypes, seeds samples were sent to laboratories of the Centre International d' Agriculture Tropical (CIAT), Cali, Colombia and at the Waite Analytical Services (WAS), Australia for mineral analyzes.

2.3 STATISTICAL ANALYSIS

Two types of bean samples were utilized for the statistical analyses: 1) 383 genotypes having at least 20 ppm iron and zinc concentrations were selected to study variation in iron and zinc concentrations, relationships and rates of the iron and zinc concentrations in the bean sample [12], and their trends have also been studied [3] 2) The second set of twelve realized bean varieties identified among the collected bean genotypes samples were utilized to study the effects of variety, growth habit and environment on the iron and zinc concentrations. Thus, ANOVA, correlations analysis based on Pearson's product-moment method and Scatter Diagram Technique were performed utilizing the Statistix 10 and the R Software Analysis.

3 RESULTS

Two sets of samples that were composed of 383 genotype samples and second set of 12 released bean varieties collected among thousand accessions. The first set of accessions was used to study the diversity of genotypes, relationship, rates and trends of iron and zinc concentrations. Two Tables: 1 and 2 have shown data on different concentration targets for iron and zinc. The second set of released bean varieties, identified in the farmer's bean accession was utilized to study effects of varieties, growth habits and environments on the mineral concentrations in the two main bean growing zones that were South Kivu and North Kivu.

3.1 VARIATION IN IRON CONCENTRATION

The study has observed variation in morphological and physiological characteristics of genotypes in the farmer's accession sample. The diversity of genotypes was confirmed by the mineral analysis conducted on iron and zinc concentrations of the bean sample. The Table 1 are divided in five colons: showing : concentration targets, Iron scope, number of genotypes and the % iron increment or arte. The concentration target started with: low iron concentrations, baseline, iron increment, 1st wave, 2nd wave and 3rd wave target.

At low iron concentration target level, the iron scope varied from 40 to 50 ppm in 13 genotypes and the iron increment rate was 3.4% in the bean sample. At baseline level, the iron scope was 50-60 ppm in 83 genotypes and their increment rate was 21.7%. At iron increment target, the iron scope was 60-70 ppm in 119 genotypes and their increment rate was 31.0%. At 1st wave target, the iron scope was 70-80 ppm in 82 genotypes increment rate of 21.4%. At 2nd wave, the iron scope was 80-90 ppm in 45 genotypes and their increment was 11.8%. In the 3rd wave, the scope was equal and more than 94ppm in 41 genotypes and their increment rate was 10.7%. All genotypes having iron concentration of 90 ppm or above in comparison with the baseline were considered as the targeted ones.

Previous study has shown that genotype that has iron concentration of 44 ppm above the baseline was targeted as one that can meet a large proportion of the recommended daily intake of iron [13], [14]. The Table 1 below has shown 41 target genotypes at 3rd wave target which have 90 ppm or more concentration at the concentration rate of 10.7 %. These bean genotypes were: 1)29-4A 5(Fe=95 ppm); 2)39-2A (Fe=105 ppm); 3)60-1A: (Fe=95 ppm); 4)61-3A (Fe=105ppm); 5)66-2A (Fe=100 ppm); 6) CAB2(Fe=103ppm); 7)COD65-5(CODMLB166/05)Fe=95ppm); 8)COD66-1(CODMLB167/05 (Fe=100ppm); 9)COD74-1(CODMLB175/05) Fe=105ppm; 10)COD85-1(CODMLB186/05) Fe= 95ppm; 11)COD88-7(CODMLB189/05) Fe=100ppm; 12)CODMLB166/05(COD65-5) Fe=95ppm); 13)CODMLB167/05(COD66-1) Fe=100ppm; 14)CODMLB175/05(COD74-1) Fe=105ppm); 15)CODMLB186/05 (COD85-1) Fe=95ppm); 16)CODMLB377/08 Fe=98 ppm; 17)CODMLB389/08 Fe=119ppm; 18)CUARENTINO0817 Fe=101ppm); 19)DIANIANIA Fe=100ppm); 20)KARARINA-ROUGE Fe=95ppm); 21)KIBULANGITI

Fe=100ppm); 22)KIJAMBERE1 Fe=95ppm); 23)KINIZO Fe=100ppm); 24)KINYARUKA Fe=105ppm); 25)MAC442 Fe=97ppm); 26)MAGHAVIRI Fe=100ppm); 27)MLB-49-89A Fe=124ppm); 28)MUKARA Fe=95ppm); 29)NABUZIRO Fe=100ppm); 30)RWV3316 Fe=97ppm); 31)SMC18 Fe=107ppm); 32)SMC21 Fe=99ppm); 33)U10-7 Fe=100ppm); 34)U2-11 Fe=95ppm); 35)U3-8 Fe=95ppm); 36)U4-4 Fe=95ppm); 37)U8-16 Fe=105ppm); 38)U8-17 Fe=95ppm); 39)UI-4 Fe=95ppm); 40)UI-7 Fe=95ppm); 41)UI10-6 Fe=95ppm).

Table 1. Concentration targets (waves) of iron in the farmer's bean accessions

Targets	Iron. scope	Number of genotypes	% ppm iron increment
Low iron concentration	40-50 ppm	13	3.4
Baseline level	50-60 ppm	83	21.7
Iron increment	60-70 ppm	119	31.0
1 st wave	70-80 ppm	82	21.4
2 nd wave	80-90 ppm	45	11.8
3 rd wave	≤ 94 ppm	41	10.7
TOTAL	-	383	100.0

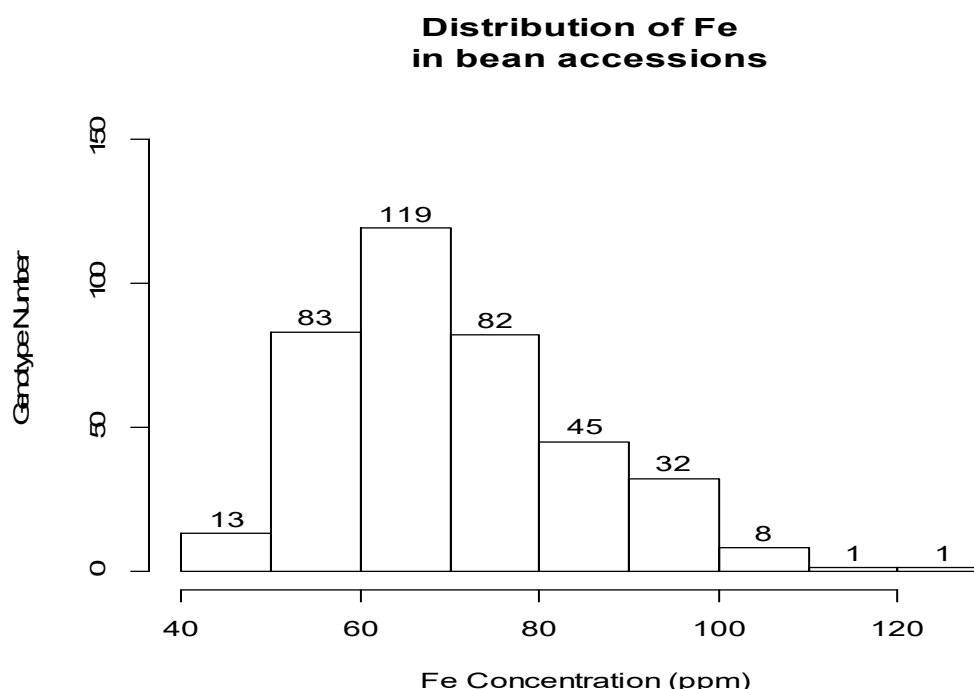


Fig. 1. Distribution of iron concentration in bean genotype sample

The distribution of data has shown clearly detailed characteristics and concentration targets. However the figure has shown an outlier which has more than 120 ppm as shown in the Figure 1.

3.2 VARIATION IN ZINC CONCENTRATION

The variation in zinc concentration was also observed with much less concentration comparing to the iron concentration (Table 2). The trend in zinc concentration was similar as with iron concentration as explained by the correlation cited above.

At low iron concentration target level, the zinc scope varied from 20 to 25 ppm in 83 genotypes and the iron increment rate was 21.7% in the bean sample. At baseline level, the zinc scope was 25-30 ppm in 150 genotypes and their increment rate was 39.2%. At iron increment target, the zinc scope was 30-35 ppm in 96 genotypes and their increment rate was 25.0%. At 1st wave target, the scope was 35-40 ppm in 38 genotypes increment rate of 9.9%. At 2nd wave, the zinc scope was 40-45 ppm in

11 genotypes and their increment was 2.9%. In the 3rd wave, the scope was equal and more than 47ppm in 5 genotypes and their increment rate was 1.3% ppm. All genotypes having iron concentration of 47 ppm or above in comparison with the baseline were considered as the targeted ones. Those target genotypes were: 1) CODMLB085 Zinc=65ppm; 2) MLB-49-89A Zinc=55ppm; 3) Zebra Zinc=49ppm; 4) NUA134 Zinc=49ppm; 5) NUA131 Zinc=50ppm. The zinc mineral was considered, in the study as a second variable in comparison to the Fe mineral. These target zinc genotypes that represented 1.3% had fulfilled the requirement of daily intake for zinc micronutrient.

Table 2. Concentration targets of zinc in the farmer's bean accessions

Targets	Zinc scope	Number of genotypes	% ppm zinc increment
Low zinc concentration	20-25 ppm	83	21.7
Baseline level	25-30 ppm	150	39.2
Zinc increment	30-35 ppm	96	25.0
1 st wave	35-40 ppm	38	9.9
2 nd wave	40-45 ppm	11	2.9
3 rd wave	≤ 47 ppm	5	1.3
TOTAL	-	383	100.0

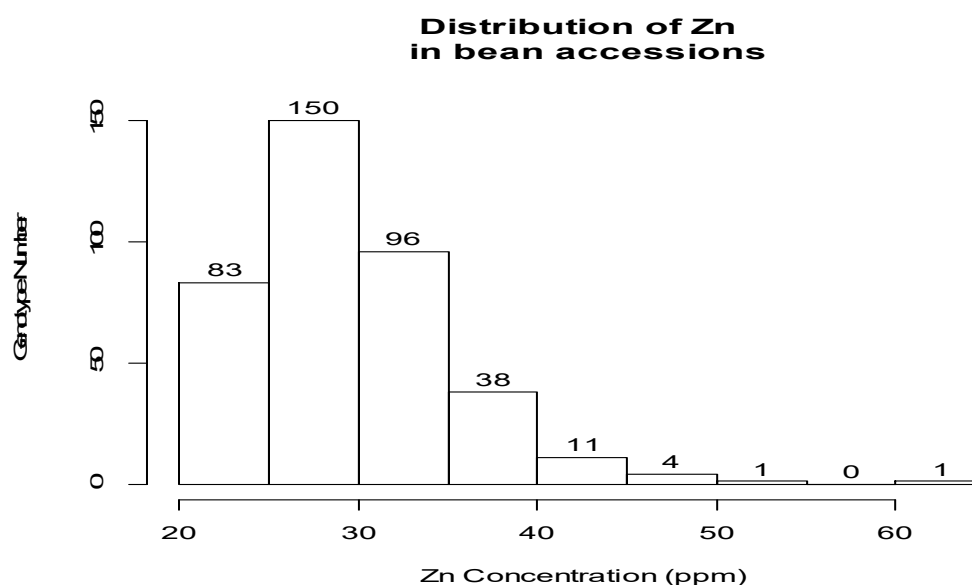


Fig. 2. Distribution of zinc in bean accessions

3.3 CORRELATION BETWEEN IRON AND ZINC CONCENTRATION

In this study the Fe element was the important variable comparing to the zinc element because the iron deficiency has been the most prevalent micro nutrition problem in the world affecting more than 2 billion people using beans as staple food [15]. It has been an essential element to improvement of nutritional status of human being. The relationship between these elements has been evaluated to help decide on the breeding strategy to be undertaken in development of biofortified bean varieties. The iron element was considered as independent variable, most important to zinc element in this study.

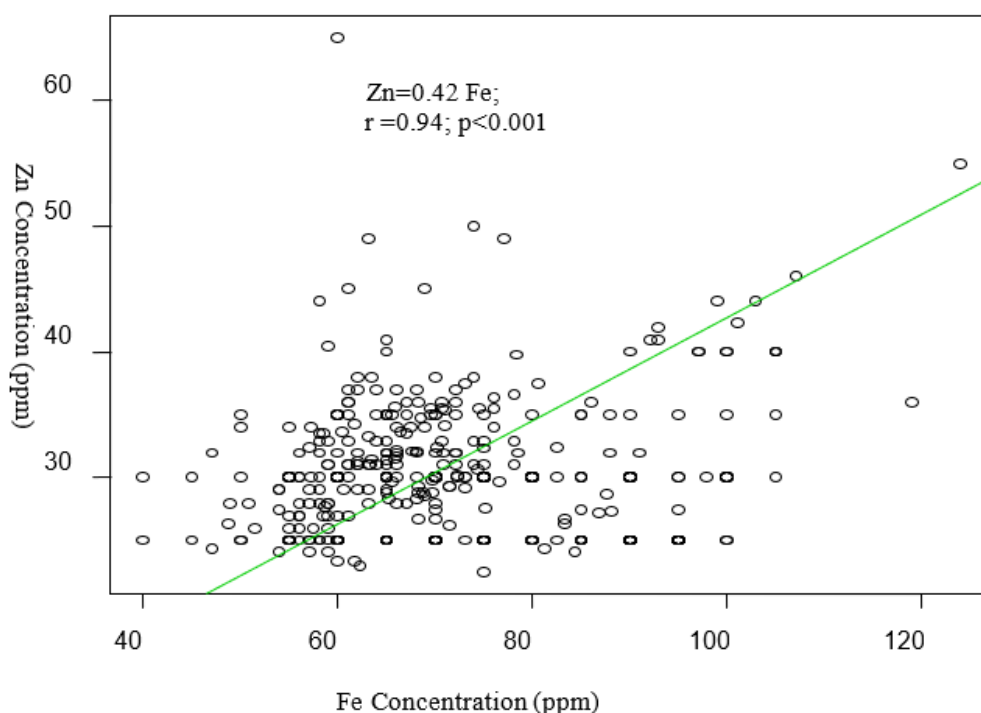


Fig. 3. Relation between iron and zinc and wave iron concentrations of genotypes

N.B: Pearson's product – moment correlation

The relationship between the iron and zinc elements as the nutritional components in the bean grain was one of the key messages for the bean breeding activity. The results of this study have shown a positive and significant correlation ($r^2 = 0.94$; $P < 0.001$) according to Pearson's product – moment correlation in Figure 3. The implication of this correlation is the fact that some genetic factors are co-segregating, and that a selection for one element such as iron will in fact result in an increase of other element such as zinc. Previous studies had revealed positive and significant correlation that exists between iron and zinc concentrations in beans [15], [16], [17], [18].

3.4 EFFECTS OF GROWTH HABIT, VARIETY, ENVIRONMENT AND THEIR INTERACTIONS

Statistical analysis was conducted with 12 released bean varieties evaluated in the two main bean growing regions of North and South Kivu. The objective was to know effects of growth habit, variety, environment and their interaction on the Fe and Zn concentrations.

The results had shown significant effects of these variables on the Fe concentration (Table 3) which implied these variables should be evaluated in a precise experiment to get more information that may orient the breeding program.

Table 3. ANOVA of Fe concentration with 12 released bean varieties

Sources	DF	Sum of Squares	Mean Square	F values	P
Growth habit	1	344	344	145.42***	0.000
Variety	11	7099	645.3	272.84***	0.000
Environment	1	1716	1716.4	725.68***	0.000
Growth habit x Environment	1	265	265.2	112.13***	0.000
Vatiety x Environment	10	1788	178.8	75.58***	0.000
Residuals	47	111	2.4		

***Level of significance at 0.001.

The results had showed that they were highly significant differences (***) between the growth habits (bush and climbing bean varieties), among varieties, between environments (North and South Kivu) and their interactions between growth habit, variety and environment were highly significant. All these sources of variation had showed highly significant effects on the Fe concentrations (Table 3).

As concern the results on the variable zinc, the results were similar to those of zinc, which has confirmed that thes mineral elements were together and acted the same ways. (Table4).

Table 4. ANOVA of Zn concentration with 12 released bean varieties

Sources	DF	Sum of Squares	Mean Square	F values	P
Growth habit	1	17.8	17.8	7.726**	0.000
Variety	11	524.7	47.7	20.664***	0.000
Environment	1	551.5	551.5	238.896***	0.000
Growth habit x Environment	1	36.9	36.9	16.002***	0.000
Variety x Environment	10	453.6	45.4	19.649***	0.000
Residuals	47	108.5	2.3		

***Level of significance at 0.001

As concern the variable Zn, the same trends were observed in that variables variety, environment and interactions in between growth habits, varieties were highly significant. Their interactions were also highly significant (**). They were a high difference between growth habits too (**), (Table 4).

3.5 RELATIONSHIP BETWEEN IRON AND ZINC AS TWO COMPONENT VARIABLES

To observe the relationship between the two components, iron and zinc in the farmer's bean accessions, the scatter diagram technique was utilized to compare the trends of the two variables. The scatter diagram is the simplest and most commonly used procedure for examining the relationship between two variables in Figure 4. The increment of the iron concentration up to 120 ppm was much higher than the zinc increment at 60 ppm as shown by the quantile plot. [3]. This technique has allowed identifying the outliers of the two variables which have shown the presence of the concentration target levels in the Figure 1 and 2.

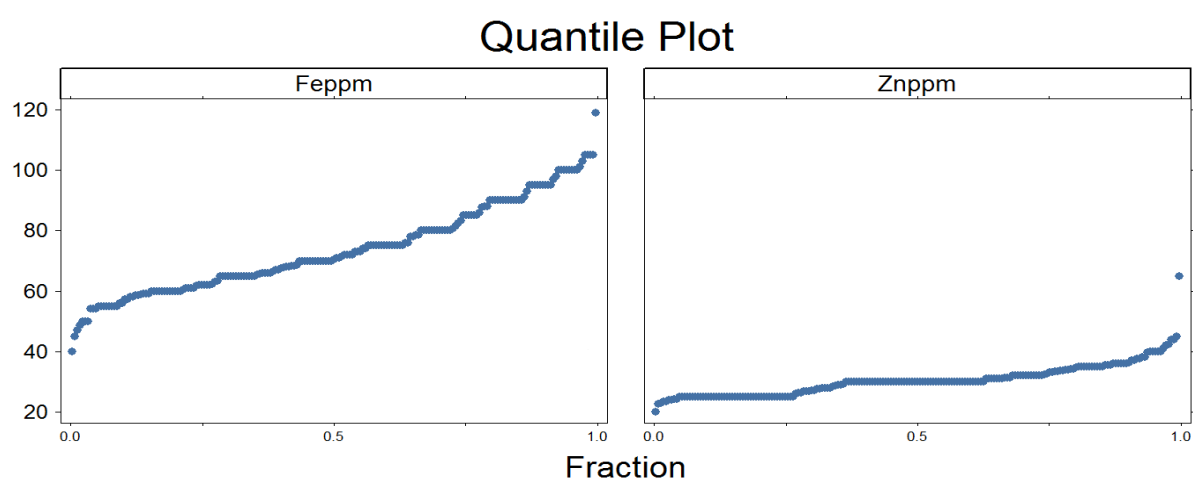


Fig. 4. Comparison of relation trends between Fe and Zn concentrations in the bean farmer's accession

The trend of iron concentration varied from 40 ppm to more than 100 ppm with outlier located at 120 ppm. However the zinc trend has showed a small increment varying from 20 ppm up to 40 ppm with outlier at more than 60 ppm. The same message on the relationship between iron and zinc in the quality of the farmer's bean accessions was confirmed by the above figure 4.

4 DISCUSSION

The study has tackled same hypotheses which were based on the presence or absence of the genetic variability in the farmer's bean sample; the relationship between iron and zinc concentration as two important variables in the bean grain and the effects of variety (genotype), growth habit and environments on iron and zinc concentrations.

Based on these hypotheses, characterization and evaluation of the genotypes in the farmer's bean accession were shown variation in morphological and physiological characteristics. This observation was confirmed by the mineral analysis conducted on the identified genotypes in the farmer's bean sample. The variation in iron and zinc concentrations varied, for iron, from 40 ppm to 124ppm with mean of 71.63ppm. As concern the zinc concentration, the variation in concentration varied from 10 ppm to 65ppm with mean at 30.69ppm. The relationship between the iron and zinc concentrations was significantly positive ($r=0.94^{***}$), which implied that the improvement in quality of an element may affect another during gametic segregation. The trend of the two mineral concentrations was positive at different concentration based of the mineral element.

The concentration rate at different concentration target has shown the quality of the farmer's bean sample. The baseline level for iron concentration was improved from 50 ppm with 83 genotypes to 70 ppm with 119 genotypes. But the requirement iron intake was reached at 94ppm or more with 41genotypes at the rate of 10.7% which implied that much work should be done by breeding program in releasing of the more target biofortified bean to improve quality of the farmer's bean accessions.

The effects of variety (genotype), growth habit and environment on iron and zinc concentrations were highly significant which implied that different variable should be study differently to get more information as concern action of each factor or variable.

5 CONCLUSION

The genetic variability on common bean has been observed in the South and North Kivu based on the results of this study. Same bean landraces collected in the two zones were high mineral concentration, specially iron such as: 1)DIANIANIA (100ppm); 2)KINYARUKA (105ppm); 3)MAGHAVIRI (100 ppm); 4)NABUZIRO (100ppm)...etc. But the quality of the farmer's bean accessions should be improved to combat iron deficiency and improving diets of poor population. With 10.1% as rate of the target genotypes in the farmer's bean accessions, it is impossible to provide 30% of the mean daily iron requirement through normal consumption habits. Thus more breeding work should be undertaken to improve the rate of target bean genotypes in the farmer's accessions by releasing more biofortified bean varieties.

REFERENCES

- [1] HarvestPlus Product Profile 2004-2007
- [2] Annuaire des Statistiques Agricoles 2006 – 2011, MEDIASPAUL – Kinshasa Mars 2013. www.mediaspaul.cd
- [3] Beebe, S. 2009. Iron Bean Brochure. CIAT A.A. 6713 Cali, Columbia. (www.ciat.org)
- [4] Programme National de Nutrition "PRONANUT ». (2005) Enquête sur la prévalence de l'anémie en République Démocratique du Congo. Ministère de la Santé.
- [5] Pfeiffer, W.H. and McClafferty, B. (2007) HarvestPlus: Breeding Crops for better nutrition. Crop Science 47: (3) S88 – S105.
- [6] HarvestPlus 2011 Annual Report (Breaking Ground).
- [7] HarvestPlus Product Profile Report 2004-2007.
- [8] CIAT Malawi
- [9] Blair MW, Gonzalez L.F, Kimani P.M, Butare L (2010) Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. Theor Appl Genet (2010) 121:237-248.
- [10] Wortmann CS, RA Kirkby, CA Eledu, DJ Allen (1998) Atlas of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production in Africa. CIAT, Cali, Colombia, p 133 (CIAT publication; No 297) ISBN 958-9439-94-2.
- [11] Mbikayi, N.T., Kijana R., Koleramungu, Mirindi, T., Bakulikira, R. E., and Soda, K. (2006) Caractérisation des Variétés de Haricot commun. "AKORPRESS" à Kinshasa-Limete.
- [12] R Development Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. R: Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- [13] Graham R, Senadhira D, Beebe S, Iglesias C, Monasterio I (1999) Breeding for micronutrient density in edible portions of staple food crops: conventional approaches. Field Crops Res 60: 57-80.
- [14] Welch RM, House WA, Beebe S, Cheng Z (2000). Genetic selection for enhanced bioavailable levels of iron in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) J Agr Food Chem 48: 3576-3580.

- [15] Welch RM, and Graham RD 1999. A new paradigm for world agriculture: Meeting human needs, productive, sustainable, and nutritious. *Field Crops Res.* 60:1-10.
- [16] Beebe, S., A.V. Gomez, and J. Renfigo 2000 Research on trace minerals in the common bean. *Food Nutr Bull.* 21:387-391.
- [17] House, W.A., R.M. Welch, S. Beebe. Z. Cheng. 2002. Potential for increasing the amounts of bioavailable zinc in dry beans through plant breeding. *J. Sci. Food Agric.* 82:1452-1457.
- [18] Blair MW, Astudillo C, Grusak MA, Graham R, and Beebe SE (2009) Inheritance of seed iron and zinc concentrations in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Mol Breeding*(2009) 23:197-207.
- [19] Muhamba GT and Nchimbi-Msolla S (2010) Diversity of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes in iron and zinc contents under screen house conditions. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 5(8), pp. 738-747, 18 April, 2010.
- [20] Statistix 10 User's Manual: Copyright 1985-2013; Analytical Software.

La gestion du parc automobile en RDC : Étude de cas chez ITM AFRICA à Lubumbashi

[Managing vehicle fleet in DRC : Survey carried out on ITM AFRICA in Lubumbashi]

MANIKA TSHISHIMU PAUL¹, KITENGE KALUME DEOGRATIAS¹, and MUKUNDI MUNTU CELESTIN²

¹Département des sciences commerciales et administratives et Informatique de gestion, ISP Lubumbashi, RD Congo,

²Département des sciences commerciales et financières, ISTIA Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present is a company's logistics based article. It aims at suggesting simple, rational and effective procedures in firm's vehicle fleet management. The outcomes presented within here have been collected on a case study carried out on ITM Africa Company. This study came up with a less onerous, easy and practical managing system that can be implement in any company with 5 to 20 vehicles.

KEYWORDS: firm's vehicle, vehicle fleet, company, management.

RÉSUMÉ : Cet article puisé de la logistique d'entreprise, se veut d'apporter une procédure à la fois simple, rationnelle et efficace de l'organisation du charroi automobile d'une entreprise. En se basant sur l'observation et l'étude de ce qui se passe dans l'entreprise ITM Africa, cet article a mis sur pieds un modèle de gestion moins coûteux, facilement applicable et utilisable toute sorte d'organisation ayant une quantité de véhicule allant de 5 à 20.

MOTS-CLEFS: Charroi automobile, parc automobile, organisation, gestion.

1 INTRODUCTION

Tiré de la logistique d'entreprise en général, ce présent article parle de l'organisation de la gestion des véhicules automobiles dans une entreprise, et, pour arriver à cerner effectivement comment s'organise la gestion du parc Auto, cet article s'est focalisé sur l'entreprise ITM Africa qui est une société de service regorgeant en son sein un parc auto de 11 véhicules.

En R.D.Congo, comme partout ailleurs, la gestion du charroi automobile est généralement inclut dans le département de logistique sans autant nuancer les différentes tâches du dit département tels que approvisionnement, gestion de stock, assurance et autres; de ce fait, cet article se veut d'apporter de manière rationnelle une gestion optimale d'un parc automobile, ayant 5 à 20 véhicules, dans son individualité, c'est à dire en tant que service ou département faisant parti de la logistique tout en n'étant pas enfouis ou négligé dans le grand département de logistique.

2 PROBLÉMATIQUE

Le parc automobile qui est l'ensemble de véhicule automobile que possède l'entreprise nécessite une gestion rationnelle ; et, de ce fait, est-il possible de répondre aux questions suivantes:

- Comment s'organise un parc auto en général ?
- De quel façon l'entreprise ITM Africa organise-t-elle son parc auto?

- Est-il possible d'uniformiser une gestion du charroi automobile dans les entreprises ayant un charroi de 5 à 20 véhiculés en République Démocratique du Congo ?

3 MÉTHODOLOGIE

Dans le cadre de l'approche méthodologique de notre étude, nous nous sommes investis de la manière suivante:

- Collecte de données sur base de plusieurs recherches sur la gestion du parc auto en général;
- Etude minutieuse de la gestion du parc auto de ITM Africa;
- Proposition d'un modèle de gestion rationnelle du charroi automobile pour les entreprises ayant le nombre de véhicules cible en R.D.Congo.

4 GESTION DU PARC AUTOMOBILE¹

4.1 APERÇU GÉNÉRAL DE LA GESTION DU PARC AUTOMOBILE

Pour un contrôle minimal du transport d'entreprise, les établissements détiennent un transport pour compte propre assuré par des véhicules leur appartenant.

Le parc automobile est l'ensemble de ces véhicules appartenant à l'entreprise ou à l'organisation et dont les activités sont coordonnées ou gérées par une même autorité.

L'importance de gérer le parc automobile naît d'au moins trois faits majeurs:

1. Le parc auto est souvent l'un des postes des coûts d'une entreprise, il faut donc de la rigueur. Elle permet de garder le moindre coût. Le désordre occasionne ipso facto des pertes.
2. Le parc doit projeter et véhiculer une bonne image de l'entreprise. Sa gestion permet de garantir la bonne qualité des véhicules, qui vendent, en circulant, l'image de l'entreprise. Elle sera bonne ou mauvaise. Pour les relations publiques de l'entreprise, cet aspect constitue un outil de vente.
3. Le parc doit être d'utilisation optimale. Il faut éviter des immobilisations inutiles et atteindre une production maximale. Cette meilleure utilisation est garantie par sa gestion.

Le logisticien gestionnaire du parc automobile assume les responsabilités libellées comme suit:

- Planification de l'utilisation des véhicules;
- Maintenance des véhicules ;
- Suivi des mouvements des véhicules;
- Gestion des ressources humaines, de l'équipement du travail et des consommables du parc;
- Sécurité des véhicules et des conducteurs;
- Administration des véhicules.

4.1.1 PLANIFICATION DE L'UTILISATION DES VÉHICULES

La gestion du parc automobile est en principe une composante de la gestion de la " Supply Chain Management", en français la chaîne logistique qui répond à des objectifs précis. Les véhicules sont donc acquis pour répondre à des besoins de services précis dans l'entreprise.

Le plan ordinaire d'utilisation des véhicules établit l'affectation des véhicules à des courses ordinaires de l'établissement. Ces courses ordinaires peuvent englober le ramassage et le raccompagnement du personnel, les visites de clients, la livraison aux clients, les courses administratives, ...

¹Mutambe, J., « La logistique d'entreprise en RDC : Organisation d'un parc auto », Communication au Centre d'étude en Management Appliqué, CEMA, Lubumbashi le 15 Août 2014

Le plan ordinaire peut comporter, à titre d'exemple, les rubriques suivantes: "validité du plan"(Ex: plan valable du ... au ...), "Jour de la semaine"(Ex: Lundi), "Heure de sortie"(Ex: 5h00), "Heure limite de retour"(Ex: 8h00), "Motif"(Ex: Ramassage du personnel), "véhicule"(Ex: Bus FUSO SHL 005 Blanc), "conducteur"(Ex: Benjamin Kajita).

La planification de l'utilisation des véhicules prend en compte les demandes extraordinaires de services de l'établissement. Le service du personnel demande souvent un véhicule en cas d'enterrement ou de déménagement d'un agent.

La réussite de cette planification passe par la considération des éléments fondamentaux comme la nature des corps à déplacer, leur volume, leur poids, l'itinéraire et les caractéristiques géographiques de l'opération du transport.

La nature du corps logistique (marchandises sous forme de bien ou d'animaux, passagers en bonne santé, handicapés ou alité,...) influence le choix du véhicule de transport et de manutention à prévoir.

L'information au sujet du type d'emballage ou du conditionnement utilisé détermine la nature des moyens matériels à mobiliser au mieux du chargement et au lieu déchargement. Par exemple, l'information qu'il s'agit d'un malade à rapatrier par avion ait prévoir une civière à bord et une ambulance à l'arrivée.

Le dimensionnement du véhicule, le respect des contraintes liées aux moyens de manutention à mobiliser, le respect des conditions de transport (emballage spécial pour marchandises dangereuses par exemple), la protection destiers et des l'environnement, la sécurité, ... sont planifiés conformément à la nature des biens.

L'itinéraire et les caractéristiques géographiques sont l'ensemble d'éléments en rapport par exemple au relief(région montagneuse), au climat (saison pluvieuse intense), aux mœurs locales, au mauvais état de la route, à la distance, Ces éléments influencent aussi bien le choix des moyens matériels et technologiques que l'organisation de l'opération de transport.

Il est capital de disposer des détails au sujet de l'itinéraire du déplacement: lieu de départ, lieu d'arrivée, les principaux points d'escales.

Le gestionnaire du parc peut ainsi recenser les lieux de ravitaillement en carburant, de prélèvement et de livraison successive des marchandises tout au long de son itinéraire et déterminer le chemin le plus économiquement avantageux.

L'itinéraire choisit permet de prévoir le nombre de barrières de contrôle policières, le nombre de péages routiers, les points de pesage routier et d'intégrer ces éléments dans le cahier de charge du chauffeur.

Ces éléments permettent également le choix des horaires dans le planning en fonction de la réglementation du travail en vigueur.

Ils permettent de se préparer par rapport aux contraintes techniques et administratives.

Les contraintes techniques évoquent:

- La pneumatique (état des roues et présence de la roue de secours)
- La signalisation lumineuse
- La signalisation sonore
- La présence à bord du matériel de sécurité (triangle de sécurité, extincteur,...)

Les contraintes administratives conduisent à s'assurer des éléments ci-après:

- Les documents du véhicule;
- Le marquage et l'étiquetage de l'automobile;
- Les documents du chauffeur;
- Les documents de la marchandise.

4.1.2 MAINTENANCE DES VÉHICULES

Les véhicules doivent être propres et en bon état et cela à tout moment pendant leur durée de vie comptable qui est de 4 ans en zones tropicales.

La maintenance des véhicules est assurée à trois niveaux : l'entretien, la réparation et la surveillance de fonctionnement.

Elle est complétée par le contrôle techniqueobligatoire et légal qui donne la preuve légale du bon fonctionnement du véhicule selon l'arrêté ministériel n° 409/CAB/MIN/TVC/010 du 10/04/2007 de la loi en République Démocratique, sanctionné par un certificat de contrôletechnique.

Au cours de chaque visite technique sont vérifiés l'état, le fonctionnement et la conformité aux dispositions du code de la route des différents organes du véhicule et notamment:

- L'état de châssis et éléments de châssis;
- L'état de suspension essieu;
- La direction;
- Le freinage;
- La transmission;
- L'éclairage et la signalisation;
- Les roues et les pneus;
- La carrosserie;
- L'équipement et tous les autres contrôles jugés nécessaires au bon fonctionnement du véhicule.

Une fiche d'entretien et de réparation de véhicule permet de suivre la maintenance de chaque véhicule et de préparer des rapports et de prendre des décisions importants tels que:

- Combien d'entretiens et de réparations effectués au total par mois, par véhicule, par marque;
- Pour quel montant total, par mois, par véhicule, par marque;
- Quelles sont les marques les plus adaptées pour notre parc auto et qui doivent être acquises en cas de besoin;
- Quel garage externe offre le meilleur service au moindre coût, ...

4.1.3 SUIVI DES MOUVEMENTS DES VÉHICULES

Le suivi des mouvements des véhicules repose sur les technologies de localisation en temps réel principalement sur les technologies de positionnement dont le GPS (Global Positioning System) et de communication en l'occurrence le GPRS (General Packet Radio Service), c'est la technologie de la géologie. Elle permet d'avoir des réponses aux questions de genre: où sont les véhicules de l'entreprise et que font-ils en ce moment ? Combien de temps, quand et comment ont-ils été utilisés en dehors d'une zone prédéfinie ?

Le programme "Car Log" utilisé par la MONUSCO (Mission d'Observation des Nations Unies au Congo) est un dispositif appréciable. D'autres organisations comme le PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement) utilisent les empreintes digitales pour démarrer les véhicules.

Le tracking, cette gestion est surnommée gestion de traçabilité des véhicules sur terrain.

Un carnet de bord de véhicule permet de contrôler les mouvements de véhicules lorsque ces dispositifs techniques coûteux plus fiables ne peuvent être utilisés.

4.1.4 GESTION DES RESSOURCES HUMAINES, DE L'ÉQUIPEMENT DE TRAVAIL ET DES CONSOMMABLES DU PARC

La gestion des ressources humaines est une fonction partagée. Au niveau de chaque service, la planification, l'organisation, la direction, la coordination, la motivation et le contrôle des hommes et femmes travaillant dans l'entreprise doivent être assurés.

Le staff affecté à un système de gestion du parc automobile est varié. Outre les chauffeurs, il existe généralement une équipe des mécaniciens, les TT (Tout Travaux) et un personnel administratif.

Ce staff doit être "manager" de manière à favoriser l'efficacité du parc.

Il faut assurer toute l'administration qu'implique le personnel:

Emission des ordres de mission, gestion des heures de travail (pointage des chauffeurs), des remplacements pour maladies, congé de récupération, de circonstance ... des émissions de notes de frais pour le chauffeur ...

L'outil de travail doit être gardé en lieu sûr, dans un magasin bien géré car ce stock appelé "stock d'usure" connaît généralement des mouvements abondants d'entrée - sortie à contrôler. Le magasinier doit disposer d'une fiche saisissant tous ces mouvements et permettant à tout moment de rendre un rapport fiable.

Les consommables du parc sont constituées des pièces de rechange, du carburant, des lubrifiants et autres tels que les fournitures de bureau, d'entretien, d'atelier ... Les règles de gestion de stock sont applicables à la gestion de ces matières.

La technologie a connu tellement de progrès que la gestion du parc automobile bénéficie aujourd'hui des logiciels appropriés de type TMS (Transport Management System) ou SGT (en français Système de Gestion du Transport) avec comme principales fonctions:

- Gestion des stocks de consommables et de pièces de rechange
- Gestion des ressources humaines (horaire de travail/repos)
- Gestion de la maintenance
- Planification des livraisons
- Gestion des transports (traçabilité, documents de transport)

4.1.5 SÉCURITÉ DES VÉHICULES ET DES CONDUCTEURS

En matière de sécurité des véhicules, de plus en plus il est installé un ordinateur de bord. Il averti en permanence le conducteur sur les conduites adaptées au véhicule. En cas d'accident ou autre incident, le véhicule peut immédiatement alerter sur sa position et le problème en cours.

En ce qui concerne la sécurité des véhicules et des conducteurs eux-mêmes, le responsable du parc doit sensibiliser à propos de la consommation d'alcool et des excès de vitesse.

4.1.6 ADMINISTRATION DES VÉHICULES

La responsabilité administratives sur les véhicules consiste en l'obtention, au contrôle, au suivi et à l'actualisation des documents des véhicules et chauffeurs.

Elle consiste également au suivi des documents des contrôles techniques des véhicules.

Parmi les documents principaux des véhicules nous comptons la carte rose, le certificat de contrôle technique, la vignette et la taxe spéciale de circulation routière, le certificat d'assurance, l'autorisation de transport pour les transporteurs commerciaux. Selon les cas, un certificat de contrôle pour le transport des matières dangereuses ou citerne.

Les documents des conducteurs sont entre autres le permis de conduire, la carte ou badge de service, les différents certificats spéciaux, selon le cas, de formation obligatoire en transport des matières dangereuses sans oublier les attestations médicales de contrôle sanitaire.

4.2 LA GESTION DU PARC AUTOMOBILE EN R.D.CONGO: CAS D'ÉTUDE DE ITM AFRICA

En R.D.Congo comme susmentionné dans l'introduction de cet article, le parc automobile est généralement inclut et même enfouis dans le département de logistique dans différentes entreprises, rare sont celles qui nuancent ou différencient les différents sous-services du dit département, alors que, seul en elle, la gestion du parc auto nécessite une organisation à la fois:

- Efficace: qui arrive toujours à satisfaire aux besoins de transport de l'entreprise;
- Efficiente: qui avec un coût réduit, un timing réduit, une consommation réduite arrive à l'efficacité;
- Perspicace: intelligente, clairvoyante, lucide, ingénieuse et même raffinée sans lesquels cette gestion serait irrationnelle.

4.2.1 GESTION DU PARC AUTOMOBILE DE ITM (INTERNATIONAL TRAINING & MOTIVATION) AFRICA

4.2.1.1 BRÈVE PRÉSENTATION DE LE SOCIÉTÉ²

Crée en 2011, ITM Africa est une entreprise d'intérim qui offre des services de recrutement, de formation, de gestion du personnel en sous-traitance. Son service est reconnu pour son efficacité, il procède aux placements de candidats au sein de différentes entreprises dans divers secteurs (mines, industries, commerces, banques, entreprises de télécommunication,...).

² www.itmafrica.com

International Training & Motivation forme du personnel afin de renforcer leurs habitudes professionnelles et gère plus de 5.000 intérimaires ; il collabore avec plus de 50 partenaires à travers le pays.

A Lubumbashi, ITM Africa regorge 11 véhicules automobiles d'où l'intérêt même de la problématique de cet article.

4.2.1.2 GESTION DU PARC AUTOMOBILE

Pour arriver à cerner de près la gestion du parc automobile de ITM Africa, nous nous sommes entretenue avec la responsable du service logistique qui dans ses attributions supervise et organise le charroi de cette entreprise. Nous avons beaucoup échangé sur les grandes lignes d'une gestion rationnelle et optimale d'un charroi automobile à savoir la planification, la maintenance, le suivi de mouvement de véhicule, la gestion de ressources humaines affectées au charroi, la sécurité des véhicules ainsi que la gestion administrative des véhicules.

- La planification de l'usage des véhicules chez ITM Africa se fait par le remplissage d'un formulaire de réquisition 48h avant par l'utilisateur du véhicule ; ce formulaire doit être après le remplissage signé par le Directeur Général ensuite donné au responsable de la logistique qui préparera l'utilisation du dit véhicule et complètera les différents détails du formulaire à savoir l'heure de sortie du véhicule, la destination et autres.
- La maintenance du parc automobile est effectuée par des tierces partenaires au travers d'un abonnement à un garage où une fiche d'entretien est remplie après la maintenance ou entretien général du véhicule en indiquant le kilométrage de la prochaine maintenance où prochain entretien.
- Le suivi des mouvements de véhicules est simplement basé sur la confiance que la société accorde aux chauffeurs. En effet chez ITM Africa Lubumbashi, il n'y a ni système de localisation de véhicule, ni GPS, ni GPRS, ni encore un système de traçabilité des véhicules. L'entreprise accorde simplement la confiance aveugle aux conducteurs et chauffeurs des véhicules du charroi.
- La gestion des ressources humaines affecté au charroi est aussi à l'instar de suivi basée sur la confiance accordé aux personnel affecté au charroi. Bien que l'alcool étant interdit, il n'y a pas un système d'alcootest pour se rassurer de la sobriété des chauffeurs, mécaniciens et autres. Les équipements de travail, les tenues appropriés et autres sont gardé et conservé en toute sécurité dans l'enceinte de ladite société et la gestion des consommables comme la maintenance des véhicules est organisée par des tierces, l'approvisionnement en lubrifiant et en carburant s'effectue par abonnement à l'aide des cartes prépayés.
- La sécurité des véhicules en cas d'accident, les véhicules de la dite sociétés sont assurés par la SONAS, Société National d'Assurance ; par contre la sécurité des conducteurs comme le suivi des mouvements et la gestion des ressources est basée sur la confiance accordé aux usagers des véhicules.
- L'administration est bien organisé en respectant toutes les exigences administratives requises en R.D.Congo car la majorité du personnel de la logistique sont beaucoup plus de administratifs que des techniciens.

Tableau 1. Fiche signalétique de l'étape d'analyse

But	Proposer une procédure démarche de la gestion du parc automobile en R.D.Congo
Utilité	Orienter les solutions vers les entreprises implantées en R.D.Congo et même en dehors du territoire national
Méthodes et Matériels	Analyser et étudier les différentes étapes à savoir: • La planification de l'usage des véhicules • La maintenance des véhicules • le suivi des mouvements des véhicules • la gestion des ressources • la sécurité des véhicules • l'administration des véhicules
Résultat attendu	La perspicacité dans la gestion du parc automobile

Source : conception et élaboration personnelle

5 RÉSULTAT

Sur base de notre analyse qui a portée sur la planification, la maintenance, le suivi des mouvements de véhicules, la gestion des ressources, la sécurité des véhicules et des conducteurs et l'administration, le résultat obtenu donne ce qui suit:

Tableau 2. Appréciation de la gestion du parc auto chez ITM Africa

1	Planification	Elle est organisée sur base simplement d'une fiche de réquisition qui précise les itinéraires et affectation des véhicules, la planification de ITM est plus au moins acceptable car au moins le responsable de la gestion du charroi a un soubassement ou un document (formulaire de réquisition) qui justifie l'usage des véhicules
2	Maintenance	Le fait que l'on fasse appel à la main d'œuvre extérieure est normal mais coûteuse ; il serait mieux que l'entreprise forme son propre personnel en la matière afin de réduire les différentes dépenses de prestation des tierces.
3	Suivi des mouvements	La confiance dans le suivi des mouvements de véhicule n'est pas acceptable. Il faut que la société arrive à prendre ce détail avec beaucoup de considération et mettre sur pied même un système de communication moins onéreux et très pratique en l'occurrence le GPRS (General Packet Radio Service), c'est la technologie de la géolocalisation.
4	Gestion des ressources	La gestion du personnel affecté au charroi n'est pas organisée chez ITM Africa, il y a une forte légèreté qui est observée. Quant à la gestion de l'équipement de travail et des consommables, elle est bonne.
5	Sécurité des véhicules et des conducteurs	Les véhicules sont assurés par la SONAS, cela est une excellente option, par contre la sécurité des conducteurs est plus ou moins négligée.
6	Administration des véhicules	Très bonne gestion administrative des véhicules

Source : conception et élaboration personnelle

La société ITM Africa organise la gestion du charroi avec les moyens de bords très limités, et, le suivi des mouvements de véhicules et la sécurité de véhicules sont organisés simplement sans la haute technologie ni des logiciels appropriés.

6 DISCUSSION

Cette étape d'interprétation des résultats et de mise en place de recommandation constitue la dernière étape de cette étude. A partir du modèle de gestion de ITM Africa nous arrivons à élaborer sur base de certaines améliorations possibles un modèle type et simple que voici :

- Un plan ordinaire d'utilisation des véhicules doit être établi une semaine avant et dans lequel l'affectation des véhicules à des courses ordinaires (le ramassage et le raccompagnement du personnel, les visites de clients, la livraison aux clients, les courses administratives, ...) de l'établissement est précisé. Les demandes extraordinaires de services de l'établissement doivent aussi faire parties de la planification et adaptés selon le besoin. Les itinéraires doivent être tracés et respectés par les différents conducteurs d'où l'importance même d'un formulaire qui doit être complété 72h avant.
- Lorsqu'un chauffeur ou l'utilisateur constate un problème sur son véhicule, il en informe immédiatement la Logistique, d'abord oralement et ensuite via un « rapport d'incident ». Si le véhicule est immobilisé à l'intérieur du pays, la logistique informe directement le Directeur Général ou le Directeur Administratif et Financier afin de déterminer la mesure à prendre. Au cas où le Directeur décide une réparation, on se réfère aux procédures d'achat et approvisionnement des biens et services. Lorsque le véhicule est récupéré au garage, la logistique vérifie la nature et la qualité de la réparation. De même, il inspecte et teste le véhicule. S'il constate une anomalie, il le communique au garagiste et lui demande de revoir son intervention. Après chaque réparation, la logistique est chargée de mettre à jour la fiche technique du véhicule et fournir un rapport mensuel des dépenses de réparation par véhicule et à la fin de chaque année, elle produira un « tableau récapitulatif des dépenses d'entretien et de réparation » encourues pour chacun des véhicules.
- Avec l'évolution de la technologie, le suivi des mouvements des véhicules doit se faire par un système simple en dotant à chaque véhicule ou à chaque chauffeur une Radio ayant une fréquence de communication afin de localiser le véhicule. La société doit aussi mettre sur pied un système de suivi de la consommation de carburant qui consiste à vérifier – surtout lorsque les chauffeurs reviennent du terrain - que la quantité totale de carburant n'excède pas raisonnablement la quantité qui aurait dû être théoriquement consommée sur base de la distance à parcourir pour la mission prévue. A cette fin, la logistique dispose d'un « Tableau de Suivi du Carburant » dans lequel il enregistre au fur et à mesure toutes les factures de carburant. Ce tableau permet de calculer automatiquement la consommation moyenne réelle. Si la société possède des grands moyens financiers,

elle peut s'investir à utiliser les logiciels informatiques spécialisé afin de suivre et de localiser à tout instant le véhicule, en l'occurrence, les logiciels du type TMS (Transport Management System) ou SGT (en français Système de Gestion du Transport) avec comme principales fonctions:

- Gestion des stocks de consommables et de pièces de rechange
 - Gestion des ressources humaines (horaire de travail/repos)
 - Gestion de la maintenance
 - Planification des livraisons
 - Gestion des transports (traçabilité, documents de transport).
- Le personnel affecté à un système de gestion du parc automobile est varié. En dehors des chauffeurs, il existe généralement une équipe des mécaniciens, les TT (Tout Travaux) et un personnel administratif. Ce staff doit être "manager" de manière à favoriser l'efficacité du parc. Il faut assurer toute l'administration qu'implique le personnel ; émission des ordres de mission, gestion des heures de travail (pointage des chauffeurs), des remplacements pour maladies, congé de récupération, de circonstance ... des émissions de notes de frais pour le chauffeur ...
 - En ce qui concerne la sécurité des véhicules, il est préférable d'installer un ordinateur de bord qui avertit en permanence le conducteur sur les conduites adaptées au véhicule. En cas d'accident ou autre incident, le véhicule peut immédiatement alerter sur sa position et le problème en cours. Les véhicules de la société doivent toujours être assurés auprès des compagnies d'assurance afin de prévenir les dépenses dues aux possibles accidents de circulation.
 - L'aspect administratif dans la gestion d'un parc auto doit être organisé et respecté, il consiste en l'obtention, au contrôle, au suivi et à l'actualisation des documents des véhicules (la carte rose, le certificat de contrôle technique, la vignette et la taxe spéciale de circulation routière, le certificat d'assurance, l'autorisation de transport pour les transporteurs commerciaux, un certificat de contrôle pour le transport des matières dangereuses ou citerne) et des chauffeurs (le permis de conduire, la carte ou badge de service, les différents certificats spéciaux, selon le cas, de formation obligatoire en transport des matières dangereuses sans oublier les attestations médicales de contrôle sanitaire).

Ce modèle de gestion proposé est une démarche rationnelle qui peut être utilisée dans différentes entreprises ayant une quantité moyenne de véhicules, 5 à 20. Et ce que nous avons obtenu comme résultat est valide et peut être appliqué non seulement en R.D.Congo mais dans tous les pays en voie de développement, en Afrique et même en dehors du continent noir.

En confrontant et en examinant les différentes procédures de gestion du parc automobile à savoir la planification, la maintenance, le suivi des mouvements de véhicules, la gestion des ressources, la sécurité des véhicules et l'administration des véhicules qui doivent être utilisés d'une manière générale en R.D.Congo et celui utilisé chez ITM Africa, nous estimons que le modèle qui vient d'être élaboré est rationnel.

Par ailleurs, l'aspect technologique de la gestion doit être examiné minutieusement avant d'être utilisé car il exige la mobilisation des gros moyens financiers dans son usage.

7 CONCLUSION

Cette étude s'est donnée comme objectif de présenter un modèle plus ou moins standard, moins complexe et adaptable de gestion du parc automobile en R.D.Congo, l'objectif est de mettre à la disposition des chercheurs et des entreprises une vue d'ensemble détaillée de la gestion du parc Automobile, avec la présentation d'une proposition de procédure ou démarche facilement utilisable dans différentes entreprises afin de diriger correctement le parc automobile.

Dans cet article, nous avons voulu rester délibérément dans la gestion du parc automobile en général, ainsi que la proposition d'un modèle de gestion; dans la perspective, que nous nous investirons dans un prochain article sur l'aspect technologique dans le suivi et la sécurité des véhicules en se basant sur une enquête réalisée auprès des principales entreprises ayant une grande quantité de véhicules (21 et plus) et utilisant les nouvelles techniques de l'information et de communication avec des logiciels spécialisés en la matière.

REFERENCES

- [1] Christine Belin-Munier, « Logistique, Supply Chain Management et strategie orientée développement durable : une revue de la littérature », Logistique & Management, Volume N° 18, 2010, p. 29-44.
- [2] Lamy Bassime, « Le développement durable et la sécurité du transport maritime international », revue des études multidisciplinaires en sciences économiques et sociales(REMSES), Volume N° 1, Mars 2016.
- [3] Mutambey, Josué, « La logistique d'entreprise en RDC : Organisation d'un parc auto », Communication au Centre d'étude en Management Appliqué (CEMA), Lubumbashi le 15 Août 2014.
- [4] Said Kammas &Sohaib Zendal, « La logistique urbaine durable 'LUD' : Concepts, état de lieux à Tanger(Nord du Maroc), vers un modèle conceptuel de mise en œuvre dans les pays en développement », Revue des études et recherches en Logistique et Développement(RERLED), Volume N°1, 2017, p. 1-24.
- [5] ITM sarl. [Online] Available : www.itmafrica.com
- [6] Programme de recherches et d'innovation dans les transports terrestres. [Online] Available : www.predit.prd.fr
- [7] Les transports intelligents. [Online] Available : www.transport-intelligent.net

Economic assessment of medicinal plants debarked by riparian population of Lokoli swampy forest (Southern Benin)

T. Y. Cakpo-Tossou^{1,2}, J. Korb², and B. Sinsin¹

¹Laboratory of Applied Ecology, University of Abomey-Calavi, Benin

²Faculty of Biology 1, University of Freiburg, Germany

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The relevance of Non-Timber Forest Products (NTFPs) to community members no longer needs to be proven; these resources contribute mainly to nutrition and health care in many rural areas in Africa. This study aims at identifying medicinal plant species subject to tree bark commercialization in the Lokoli swampy forest and its surrounded farmlands located in southern Benin (West Africa). We analyzed the economic profitability of medicinal tree bark. Three groups of collectors were identified: G1 sells bark locally (G1), G2 at medium-distant markets (< 50km) and G3 at distant markets (> 50 km). We identified a total of 17 medicinal plant species belonging to 13 families of which 11 tree bark species were commonly recorded: *Anogeissus leiocarpa*, *Bridelia ferruginea*, *Khaya senegalensis*, *Kigelia africana*, *Lannea acida*, *Maranthes polyandra*, *Nauclea diderrichii*, *Parkia biglobosa*, *Pterocarpus erinaceus*, *Syzygium owariense* and *Terminalia glaucescens*. The net income as well as the economic profitability depended on the group to which collectors belonged. Bark collectors make returns from 31.7±5.45 to 319.0±26.35\$ US, annually. The economic profitability ranged from 23% to 54% of the invested costs. The break-even point and safety margin were higher for G3 than G1 and G2 collectors. Similar results were registered for net income and profitability. The most valuable tree bark species were *K. africana*, *M. polyandra*, *S. owariense*, and *K. senegalensis*.

KEYWORDS: medicinal plants; plant bark; net income, economic profitability; safety margin.

1 INTRODUCTION

Besides timber, forests contain many Non-Timber Forest Products (NTFPs) which are useful goods and services of commercial value for people [1]. Over the past few decades, NTFPs have received increasing attention as an alternative to reduce the pressure exerted by humans on timber products ([2]; [3]). According to the reference [4], NTFPs have the potential to enhance the income and create employment opportunities particularly for poor and disadvantaged people. They are harvested, transported and traded in both rural and urban settings, generating economic opportunities to vulnerable segments of the population ([5]; [6]; [7]; [8]). It has been suggested that the harvest and trade of NTFPs provide an incentive for biodiversity conservation because of the positive implications for rural livelihoods ([9]; [3]). But this suggestion is not without controversy. In fact, other studies have found that NTFPs benefits are more modest (e.g. [10]; [11]; [12]). The NTFP trade is complex and dynamic, influenced by a suite of interrelated factors ([13]; [14]; [15]; [16]; [8]).

NTFPs include items such as natural dyes, mushrooms, honey, latexes, gum resins, medicinal plants and many others. Despite the widespread availability of Western medicine in Africa, medicinal plants remain an important source of health care [17] contributing to the well-being of local populations. Almost 80% of the Africans depend on medicinal herbs for their primary health care [18]. Many rural communities still prefer cheaper traditional healing methods over the more expensive treatments by western practitioners. As an example, 70% of South Africa's population visits a traditional healer on average three times per year ([19]; [20]). Over 10% of the medicinal plants of North Africa have the potential for commercial exploitation as a source of drugs and pharmaceuticals [21]. In West Africa, an estimated 951 tons of crude herbal medicine were recorded to be sold at Ghana's herbal markets, with a total value of around US\$ 7.8 million [22]. In Central Africa, about 27 tons of medicinal plant

products, worth US\$ 1.5 million, are sold annually mainly to Gabonese markets [23]. A general concern exists that trade in herbal medicine threatens wild plant populations in the tropics ([24]; [25]), which can in turn affect their availability for primary health care ([26]; [27]). Commercial harvesting of medicinal plant has been proven to become an environmentally destructive activity in several African countries to meet a growing urban population ([28]; [29]). Increasing harvesting pressures exerted on wild supply areas are linked to a growing shortage in supply of medicinal plant species ([20]; [30]; [31]). It is estimated that in South Africa, approximately 20,000 tons of indigenous plant material are used per annum [20].

The most important medicinal plant parts are leaves, roots and bark. Nowadays, there is an increased use of tree bark as remedies against several diseases. This plant part is also involved in medicinal plant commercialization with negative impacts on resources [31]. For instance, bark trade of *Prunus africana* led to deforestation and habitat loss [33]. Economic assessments of medicinal plants are essential for understanding their importance for local people and to identify plant species with resource management priorities [34]. In Benin, some economic studies have been undertaken on medicinal plants. But most of these studies have focused on evaluating economic importance of medicinal plants in markets especially in the southern and the centre of Benin ([35]; [36]; [7]; [36]; [38]; [39]; [40]; [34]; [41]). Assessing economic importance for local populations will allow identifying which tree species are under high human pressure and which ones need conservation measures. Studies at the local-level often provide important data that complement regional or national studies ([42]; [43]). The present study aimed at (1) assessing economic profitability of bark sale in a community forest in southern Benin and (2) determining the most profitable tree bark for the local population via sensitive analyses of tree bark trade.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 STUDY AREA

The study was conducted in four villages surrounding the Lokoli Swampy Forest (Lokoli forest) (979 ha; 7°02 to 7°05 N and 2°15 to 2°18 E), located in Southern Benin. The Lokoli forest is a community forest with free access to resources. It covers an area of 3,000 ha and hosts about 125 plant species belonging to 55 families. Harvesting of tree bark is mostly done during the dry season and this forest suffers from anthropogenic pressure.

2.2 ECONOMIC SURVEY

The economic survey was carried out from January to March 2013 in the villages next to Lokoli forest (Lokoli, Dèmè, Samionta and Koussoukpa). During the pre-survey, three groups of collectors were identified: Group 1 (G1) are collectors who sell tree bark harvested in the villages next to the forest; Group 2 (G2) and Group 3 (G3) are collectors who sell collected tree bark at medium- (< 50 km) and distant markets (> 50 km), respectively. To recruit collectors of different groups we relied on a snowball technique, to know where recruits are and answered the getting names of them. The survey was based on interviews using questionnaires (Supplement) with 30 collectors (10 respondents per collector group) who harvested tree bark directly in the forest and its surrounding farmland and sold it at different markets.

We collected the following data: (i) Tree bark species and quantities as well as their selling prices; (ii) All costs induced by the activity, such as purchase, travelling costs (round trips for bark harvesting and travelling to the market), costs of material used and their depreciation, number of persons involved in the activity as well as the number of working days before going to the market; (iii) All taxes paid by the collectors and the number of times they went to the market per month (Supplement, Table 1). Annual economic parameters were obtained by extrapolating monthly values. Since collectors were active only during the dry season, we considered a period of six months for estimating annual values.

2.3 DATA ANALYSIS

2.3.1 PROFIT AND LOSS ACCOUNTS ANALYSIS

The profit and loss accounts analysis estimates the Net Income (NI) over one year. It is the Operation Income (OI) (Eq. 1) after subtracting different costs.

$$OI = Qt * SP \text{ (Eq. 1)}$$

With Qt: bark quantity and SP: selling price.

All costs (total costs: TtCost) (Eq. 2) faced by economic activities can be broken into two main categories: fixed costs and variable costs. Fixed costs (FC) are those that do not change, while variable costs (VC) change depending on the company or a

private individual's activity. Fixed costs are linked to the labour, to taxes and to equipment while variable costs represent costs linked to transportation, packaging and the purchasing of tree bark.

$$TtCost = FC + VC \text{ (Eq. 2)}$$

Net Income (NI) (Eq. 3) is the difference between OI and TtCost.

$$NI = OI - TtCost \text{ (Eq. 3)}$$

The Economic Profitability (EP) (Eq. 4) was then calculated as the ratio between NI and the sum of TtCost induced by the economic activity:

$$EP = \frac{NI}{TtCost} \text{ (Eq. 4)}$$

2.3.2 SENSITIVITY ANALYSIS

The economic analysis was based on computation of the Break-even Point (BP) (Eq. 5) and the safety margin (SM) (Eq.6).

BP is the ratio from the product of OI and FC divided by OI - VC. SM is OI minus BP.

$$BP = \frac{OI * FC}{OI - VC} \text{ (Eq. 5)}$$

$$SM = OI - BP \text{ (Eq. 6)}$$

2.3.3 STATISTICAL ANALYSIS

Statistical analyses were performed in R [44]. The significance level was set to $\alpha = 0.05$. A mixed model ANOVA (random intercept linear mixed model) was performed, independently for each variable of the Profit and Loss Account Analysis and the Sensitivity Analysis using the R library lme4 [45]. Each time 'collector group' and 'tree species' were fixed factors and 'respondent' a random factor. Mean values and standard errors were computed per collector group and per tree species to highlight significant differences in returns from tree bark sale.

3 RESULTS

3.1 TREE BARK SALE PATTERNS OF LOKOLI SWAMPY FOREST POPULATION

Tree bark sale activity is carried both by men (30 %) and women (70 %) within an age range from 35 to 55, sometimes requiring family labour involving children or other ones. Occasionally, the lead collector makes use of employee collectors for gathering tree barks or carrying collected tree barks from the site of collection to storage. Such occasional labour is paid at the rate of 1.5\$ US a day. Sometimes, entire trees are felled down to maximize tree bark harvesting and this was mostly done by men. Equipment necessary for bark gathering includes machete, axe, basin, and plastic bags. Collectors stated that they collected on the average five trees daily in the swampy forest and about 10 trees a day in the fields and fallow lands or at the edges of the forest. Each workday is about 6 hours-long. It takes about four days of work to have a sizeable amount ready for sale. The number of debarked trees per gatherer is about 30 per week. However, collectors of G3 (who sell bark in distant markets > 50 km Cotonou, Abomey-Calavi and Allada markets) spent almost one month for collecting tree barks before going to market. The majority of collectors of G1 (who sell bark locally) and G2 (who sell bark at medium market distant < 50 km Abomey and Bohicon markets) declare selling at least two or three times per month, while those who sell in far-away markets go there about once a month. Women collectors purchase part of their goods from village gatherers to maximize how much is available for them to sell.

3.2 HARVEST, OPERATING INCOME AND COSTS

Tree barks from a total of 17 tree species, belonging to 13 families were collected and sold by harvesters. Eleven tree species were commonly harvested by all three groups of collectors: *Anogeissus leiocarpa*, *Bridelia ferruginea*, *Khaya senegalensis*, *Kigelia africana*, *Lannea acida*, *Maranthes polyandra*, *Nauclea diderrichii*, *Parkia biglobosa*, *Pterocarpus erinaceus*, *Syzygium owariense* and *Terminalia glaucescens*. Per market visit, collectors of G1 and G2 sold an average of four different bark species while G3 collectors sold up to eight bark species per market visit. During the survey, ten species were recorded by G1 collectors while G2 and G3 collectors harvested 15 species each.

The amount of bark sold differed significantly between collector groups (Table 1). G3 collectors sold more bark per market visit and annually than G2 and G1 collectors (Figure 1a, b). However, the quantity of bark sold did not differ significantly between tree species, neither per market visit nor annually (Figure 1c, d). Nonetheless, there was a significant interaction between collector groups and tree species (Table 1) indicating that collector groups differed in their usage (frequency and bark quantity) of tree species. For instance, *P. biglobosa* was mainly, and *Azadirachta indica* only, harvested by G3 collectors, while *P. africana* was collected only by G2 collectors. The most harvested tree species and sold by all the three groups of collectors were respectively *B. ferruginea*, *N. diderrichii*, *L. acida* and *K. africana*.

The tree bark prices differed significantly between collector groups and according to species (Table 1). One kilogram of bark was more expensive when bought from G2 and G3 collectors than from G1 collectors (Figure 2). The most expensive trees were *M. polyandra*, *K. africana*, *V. paradoxa*, *A. occidentale*, and *K. senegalensis*, which all cost around 0.60 US\$ per Kg, while *A. indica* and *F. trichopoda* selling prices was below 0.4 US\$ (Figure 2).

Operating income (OI) was highest for G3 collectors, whose value per market visit was around seven times and almost three times higher than those for G1 and G2 collectors, respectively (Figure 3a). This accounted for five times and twice as high OIs, on an annual scale. *K. africana*, *K. senegalensis* and *M. polyandra* had the highest OI values per market visit and annually (Figure 3b, c).

Mean Tcost expenditure per market visit and per annum differed significantly between collector groups but any significant difference was noted according to species (Table 1). Annually, G3 collectors expended twice and six times as much money than G2 and G1 collectors, respectively (Figure 4a). The bark of *P. biglobosa* and *F. trichopoda* had the highest expenditure costs for G3 collectors (Figure 4b, c).

Table 1. Results of mixed model ANOVAs for bark price bark quantity, costs, net income, economic profitability, break-even point, safety margin, across collector groups and debarked tree species.

Assessment parameters		Statistics	Group	Species	Group*Species
		Df	2	16	22
Bark price per kg		F	50.48	4.22	1.45
		P	< 0.001	< 0.001	0.0972
Bark quantity per :	market visit	F	9.74	1.23	1.71
		P	< 0.001	0.2505	0.0312
	annual	F	2.90	1.07	2.09
		P	0.0577	0.3836	0.0048
Total Cost per:	market visit	F	50.63	2.42	0.75
		P	< 0.001	0.1218	0.3884
	annual	F	17.96	2.14	1.06
		P	0.0001	0.1451	0.3059
Net Income per:	market visit	F	24.94	2.76	0.91
		P	< 0.001	< 0.001	0.5869
	annual	F	27.44	3.51	1.24
		P	< 0.001	< 0.001	0.2254
Economic Profitability		F	9.21	3.67	1.54
		P	< 0.001	< 0.001	0.0679
Break-even Point per:	market visit	F	3.56	1.18	1.00
		P	0.0306	0.2854	0.4626
	annual	F	0.76	0.90	0.97
		P	0.4683	0.5745	0.5001
Safety Margin per:	market visit	F	35.17	3.19	1.06
		P	< 0.001	< 0.001	0.3907
	annual	F	24.69	3.28	1.41
		P	< 0.001	< 0.001	0.1174

* denotes interaction term; Df = degree of freedom; italic and bold letters indicate significance at $p \leq 0.05$

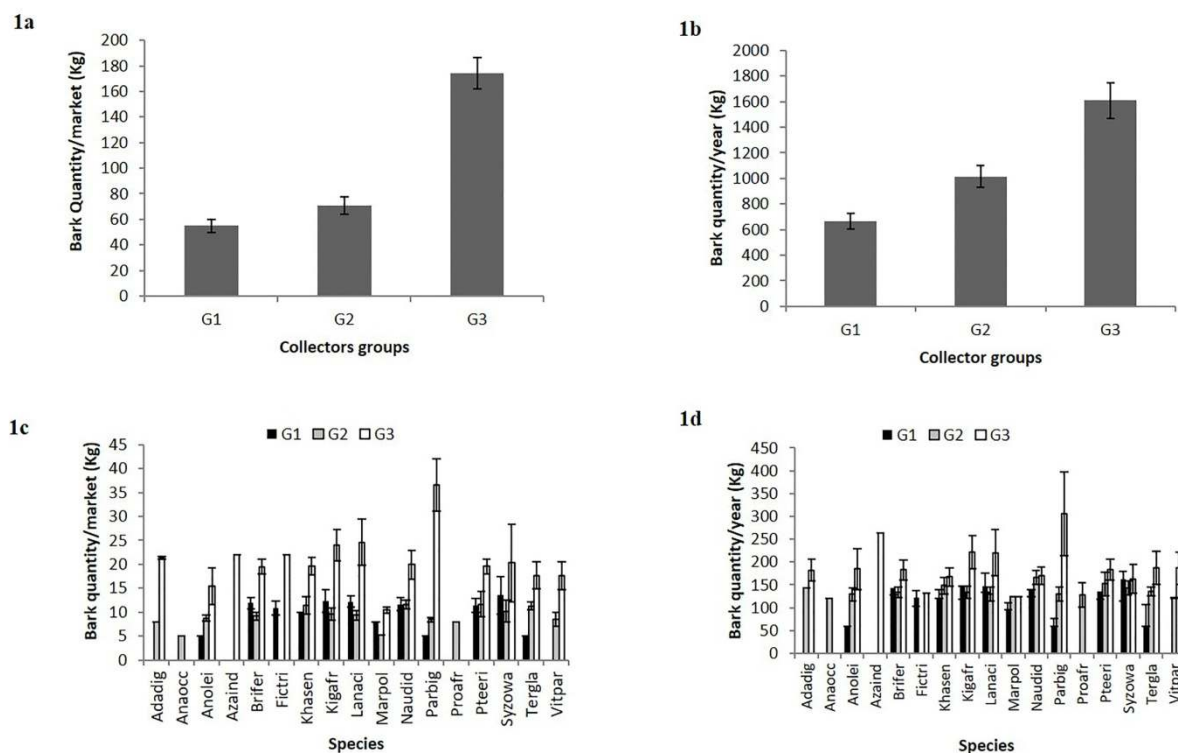


Fig. 1. Quantity of bark sold (a) per market visit, (b) per year, (c) per species/market and (d): per species/year by different group collectors. G1 (who sell bark locally); G2 (who sell bark at medium market distant < 50 km); G3 (who sell bark in distant markets > 50 km).

Adadig: *Adansonia digitata*, Anaocc: *Anacardium occidentale*, Anolei: *Anogeissus leiocarpa*, Azaind: *Azadiracta indica*, Brifer: *Bridelia ferruginea*, Khasen: *Khaya senegalensis*, Kigafr: *Kigelia africana*, Lanaci: *Lannea acida*, Marpol: *Maranthos polyandra*, Naudid: *Nauclea diderrichii*, Parbig: *Parkia biglobosa*, Proafr: *Prosopis africana*, Pteeri: *Pterocarpus erinaceus*, Syzowa: *Syzygium owariense*, Tergla: *Terminalia glaucescens*, Vitpar: *Vitellaria paradoxa*.

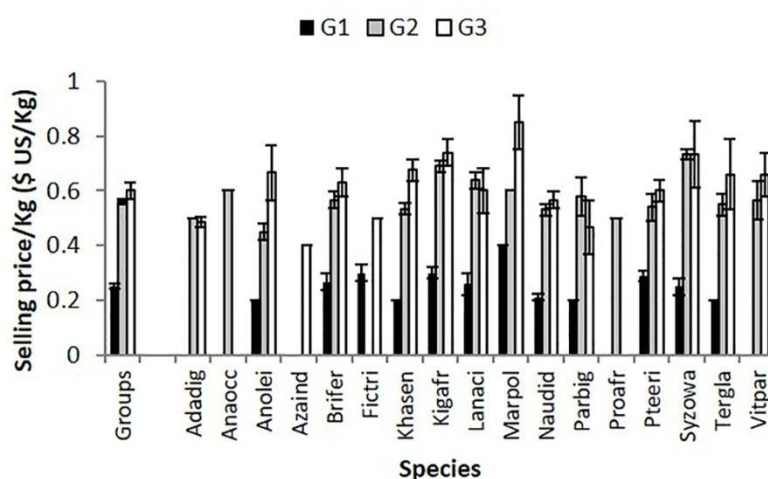


Fig. 2. Bark selling price per species and per collector groups. G1 (who sell bark locally); G2 (who sell bark at medium market distant < 50 km); G3 (who sell bark in distant markets > 50 km). (For species names see Figure 1)

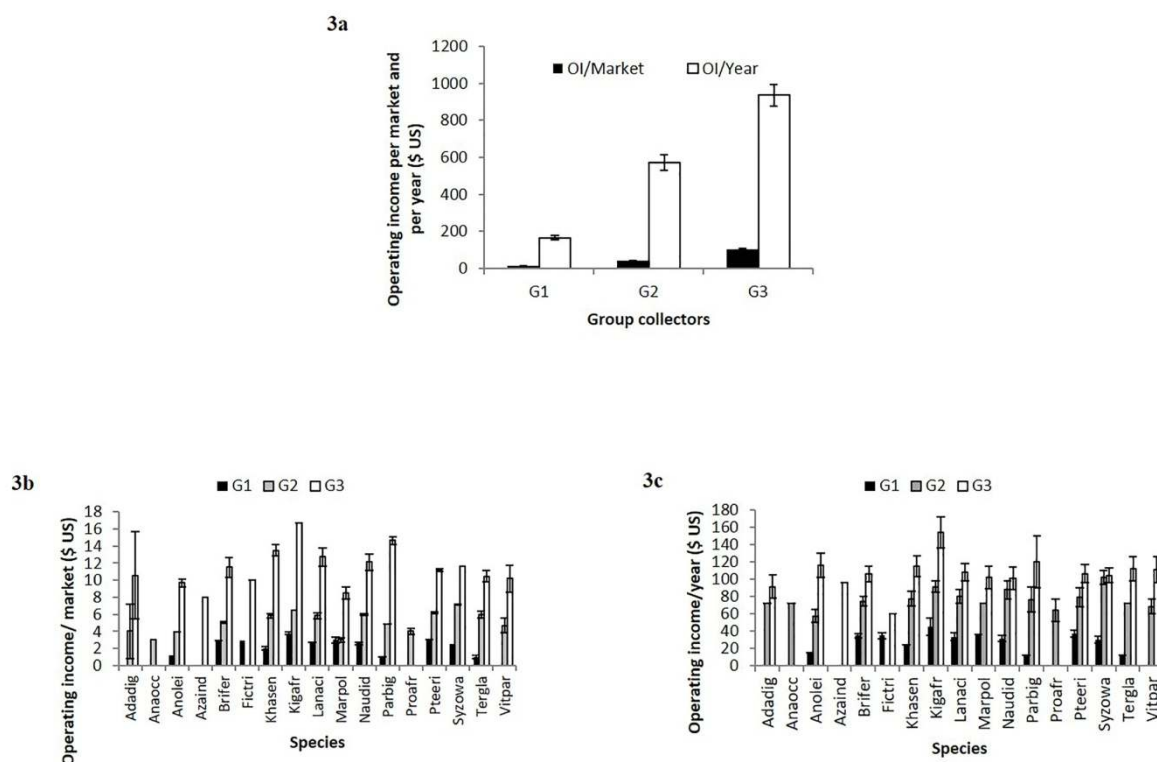


Fig. 3. Operating income (a) per group collectors (market/year); (b) per species/market; (c) per species/year. G1 (who sell bark locally); G2 (who sell bark at medium market distant < 50 km); G3 (who sell bark in distant markets > 50 km). (For species names see figure 1)

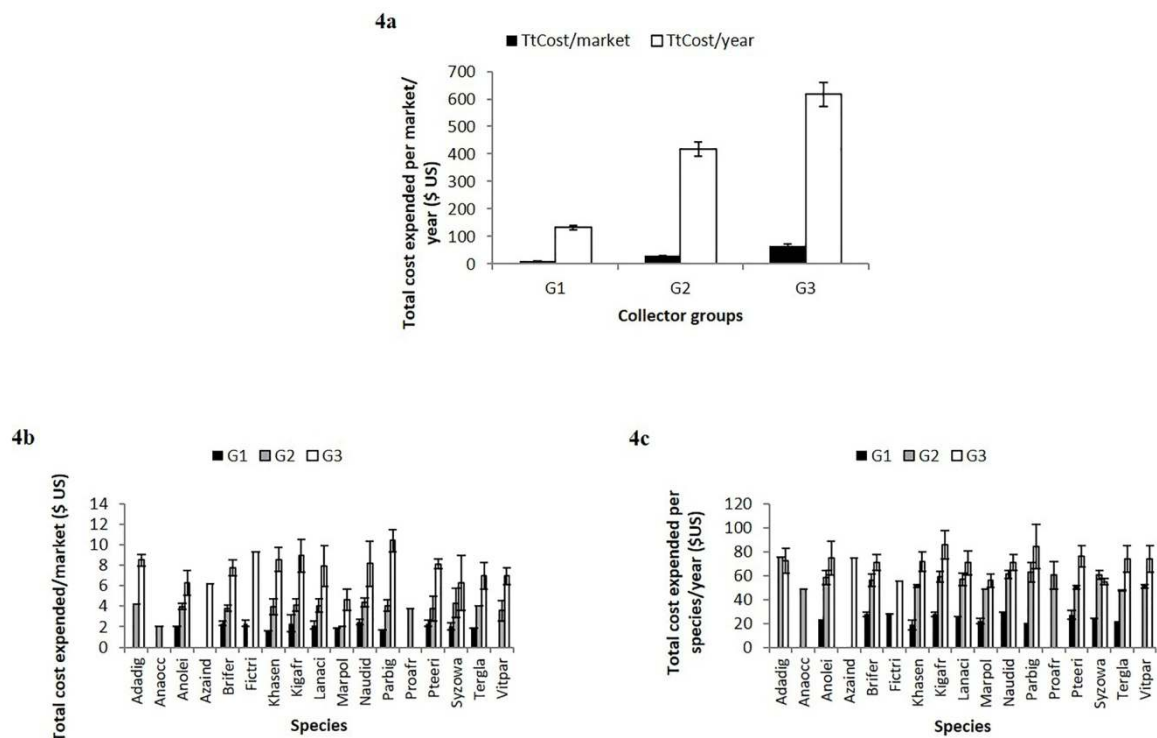


Fig. 4. Total cost expended by collector groups per (a) market/year and per species (b) per market, (c) per year. G1 (who sell bark locally); G2 (who sell bark at medium market distant < 50 km); G3 (who sell bark in distant markets > 50 km). (For species name see figure 1).

3.3 NET INCOME (NI) AND ECONOMIC PROFITABILITY (EP)

G3 collectors earned on average 3.5 and 13.5 times as much as G2 and G1 collectors, respectively and this was statistically different between groups (Figure 5a, Table 1). For all three group collectors, *K. africana*, *K. senegalensis* and *S. owariense* yielded the highest mean net income whereas the lowest values were obtained for *F. trichopoda* and *P. africana*. Concerning each group separately, G1 collectors had negative NI for *A. leiocarpa*, *P. biglobosa* and *T. glaucescens* while G2 collectors recorded negative NI for *A. digitata* and *A. leiocarpa* (Figure 5 b,c). For G3 collectors, none of tree species yielded negative NIs, the lowest was obtained for *F. trichopoda* (Figure 5b,c).

The economic profitability of bark sale varied significantly between collector groups as well as debarked tree species (Table 1). EP values were high for G3, intermediate for G2 and low for G1 (Table 2). With regard to tree species, high EP values were recorded for *K. africana*, *M. polyandra*, *S. owariense*, *K. senegalensis*, *V. paradoxa*, *L. acida*, *P. erinaceus* and *T. glaucescens*. Almost 70 % of the G3 collectors and 30 % of the G2 collectors had EP larger than 50 %, while none of G1 collectors realised such profitability.

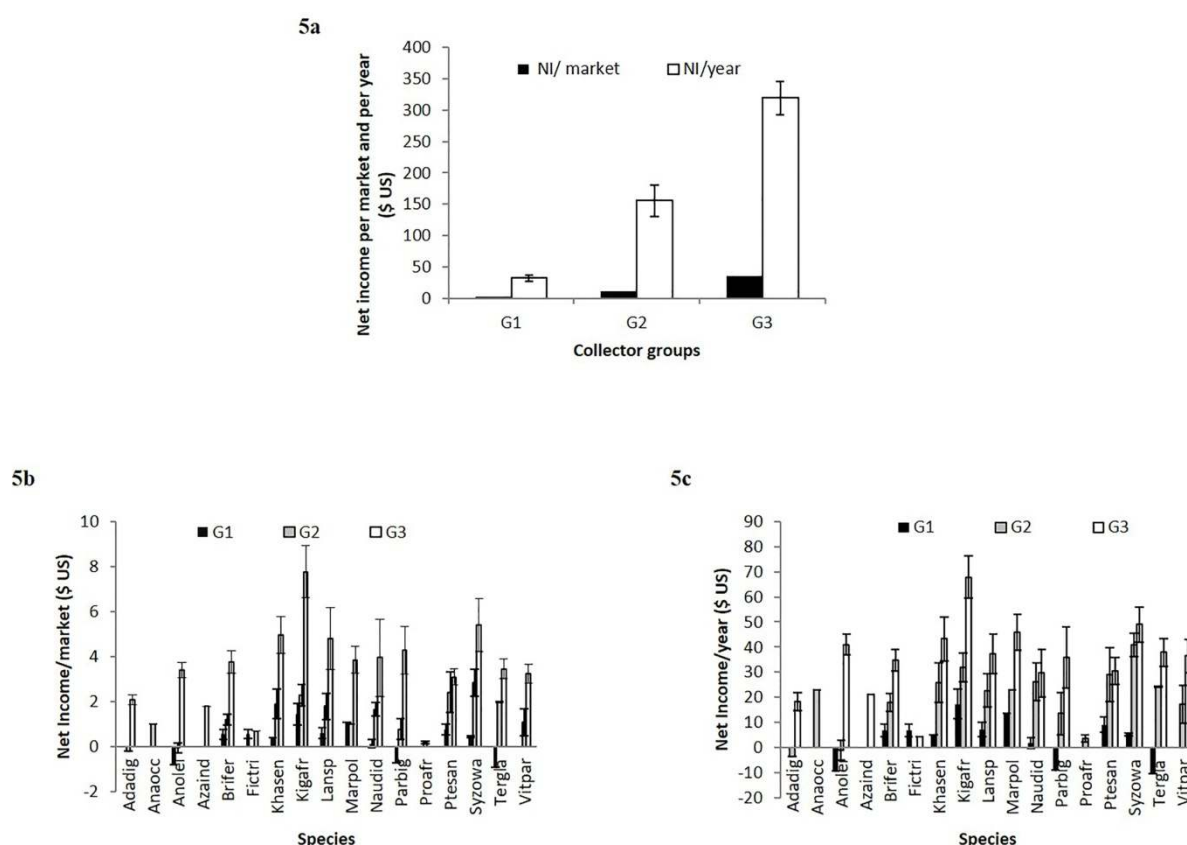


Fig. 5. Net income per (a) collectors groups (market/year); (b) species (market); (c) species (annually). G1 (who sell bark locally); G2 (who sell bark at medium market distant < 50 km); G3 (who sell bark in distant markets > 50 km). (For species names see Figure 1).

3.4 SENSITIVITY ANALYSIS

The break-even point (BP) per market visit differed significantly between collector groups, but no difference was observed across tree species (Table 1). The BP also did not differ significantly at the annual scale (Table 1). Before obtaining benefits the collector groups must reach minimum BPs that vary between $10.3 \pm 0.61\$US$ and $28.2 \pm 3.09\$US$ per market visit (Table 2) or between $123.7 \pm 7.31\$US$ to $246.6 \pm 16.93\$US$ annually (Table 2) depending on collector group. Depending on bark species, collector groups needed to reach amounts of $1.4 \pm 0.00\$US$ to $6.7 \pm 0.00\$US$ with the highest value for *F. trichopoda*.

Safety Margin (SM) differed significantly across collector groups and debarked tree species per market visit as well as per annum (Table 1). G3 collectors had the highest SMs amounting to $689.45 \pm 54.93\$US$ yearly. This is equivalent to 17 times and twice the amount for G1 and G2 collectors, respectively. With regard to SM per tree species, *K. senegalensis*, *K. africana*, *M.*

polyandra, *S. owariense*, *T. glaucescens* and *V. paradoxa* were species giving the best returns which around 6\$ US per market visit or 60\$ US annually (Table 2).

Table 2. Economic profitability (EP), Break-even Point (BP) and Safety margin (SM) per species per market and per year

Groups	Economic parameters	Adadig	Anaocc	Anolei	Azaind	Briferr	Fictri	Khasen	Kigafr	Lanaci	Marpol	Naudid	Parbig	Proafr	Pteeri	Syzowa	Tergla	Vitpar	Total
G1	EP	-	-	-0.4±0.0	-	0.3±0.1	0.2±0.1	0.3±0.0	0.5±0.1	0.3±0.1	0.6±0.0	0.1±0.1	-0.4±0.0	-	0.3±0.1	0.2±0.1	-0.5±0.0	-	0.2 ± 0.0
	BP (market event)	-	-	3.8±0.0	-	2.2±0.4	2.0±0.1	1.4±0.0	1.8±0.1	1.8±0.1	1.6±0.0	2.4±0.2	2.4±0.0	-	2.0±0.2	1.9±0.3	2.7±0.0	-	10.3 ± 0.6
	BP (annual)																		
	SM (market event)	-	-	-2.6±0.0	-	0.6±0.4	0.9±0.3	0.6±0.0	2.0±0.7	0.9±0.4	1.4±0.0	0.2±0.3	-1.4±0.0	-	1.1±0.3	0.6±0.0	-1.7±0.0	-	3.4 ± 0.7
G2	EP	-0.05±0.0	0.47±0.1	-0.02±0.06	-	0.3±0.1	-	0.5±0.1	0.6±0.1	0.4±0.1	0.5±0.0	0.4±0.1	0.2±0.1	0.05±0.0	0.6±0.2	0.7±0.1	0.5±0.0	0.3±0.1	0.4 ± 0.1
	BP (market event)	5.0±0.0	1.1±0.0	1.4±2.0	-	2.3±0.3	-	2.0±0.2	1.9±0.2	2.2±0.2	1.1±0.0	2.1±0.2	2.9±0.4	3.1±0.2	1.9±0.2	1.5±0.2	1.9±0.0	2.5±0.8	15.0 ± 1.0
	BP (annual)	90.6±0.0	27.6±0.0	12.9±34.1	-	34.9±5.6	-	25.8±1.9	28.3±4.3	32.7±6.1	27.6±0.0	30.2±1.9	44.8±7.7	50.0±10.0	28.3±5.7	22.1±1.9	22.4±0.2	34.4±7.6	224.2 ± 23.2
	SM (market event)	-1.0±0.0	1.8±0.0	2.5±1.7	-	2.7±0.5	-	3.8±0.9	4.5±0.6	3.6±0.8	1.8±0.0	3.9±0.4	1.9±0.9	0.8±0.2	4.3±1.3	5.6±1.3	4.1±0.0	2.2±1.3	25.0 ± 3.4
G3	EP	0.2±0.0	-	0.6±0.1	0.3±0.0	0.5±0.1	0.1±0.0	0.6±0.1	0.9±0.1	0.6±0.1	0.8±0.0	0.4±0.2	0.4±0.1	-	0.4±0.1	0.9±0.1	0.5±0.1	0.5±0.1	0.53 ± 0.0
	BP (market event)	4.6±0.4	-	2.1±0.5	3.4±0.0	3.5±0.7	6.7±0.0	3.6±0.8	2.6±0.2	3.5±0.6	1.5±0.1	3.9±0.4	4.9±1.0	-	3.8±0.5	2.4±0.8	2.5±0.4	2.7±0.5	28.2 ± 3.1
	BP (annual)	36.8±2.5	-	25.4±5.9	41.3±0.0	29.6±3.8	40.2±0.0	28.8±5.2	23.8±2.1	32.4±7.4	17.6±1.7	34.2±2.7	35.3±3.1	-	33±4.0	19.9±3.0	25.7±3.5	26.7±3.5	246.7 ± 16.9
	SM (market event)	5.9±0.6	-	7.5±0.9	4.6±0.0	8.0±0.9	3.3±0.0	9.9±1.1	14.1±1.5	9.2±1.9	7.0±1.2	8.2±2.3	9.7±2.0	-	7.4±0.5	9.3±2.0	7.9±0.6	7.5±0.8	73.8 ± 3.3
G3	SM (annual)	54.0±11.1	-	90.6±10.9	54.7±0.0	76.0±9.7	19.8±0.0	85.9±12.5	129.8±16.5	75.6±9.6	84.4±14.5	66.4±15.4	84.7±30.8	-	73.2±9.7	84.1±10.2	86.1±19.4	83.7±14.0	689.4 ± 54.9

NB: Qt: quantity of bark sold, SP/Kg: selling price per kilogram, OI: operating Income, TtCost: Total Cost, NI: Net Income, Pro: Profitability, BP: Break-even Point, SM: Safety Margin. Adadig: *Adansonia digitata*, Anaocc: *Anarcadium occidentale*, Anolei: *Anogeissus leiocarpa*, Azaind: *Azadiractaindica*, Briferr: *Bridelia ferruginea*, Fictri: *Ficus trichopoda*, Kigafr: *Kigelia africana*, Khasen: *Khaya senegalensis*, Lanaci: *Lannea acida*, Marpol: *Maranthes polyandra*, Naudid: *Nauclea diderrichii*, Parbig: *Parkia biglobosa*, Proafr: *Prosopis africana*, Ptesan: *Pterocarpus erinaceus*, Syzowa: *Syzygium owariense*, Terglau: *Terminalia glaucescens*, Vitpar: *Vitellaria paradoxa*.

4 DISCUSSION

The economic evaluation of bark selling identified 17 tree species sold by collectors from Lokoli forest. This value is lower than those recorded in Nigeria (43 species bark) and in South Africa (117 species bark) respectively ([46]; [47]). This reflects the species diversity importance in use of tree barks in these countries. The quantity of bark sold, the total cost (TtCost), the net income (NI) and hence also the economic profitability (EP) and the selling price (SP) differed significantly between collector groups. All these parameters were larger for collectors who sell tree bark in distant market (G3) than for those who sell them in medium distant market (G2) and for those who sell bark locally (G1). According to sensitivity analysis, G3 collectors were the most comfortable in term of benefiting from bark sale, so their safety margin (SM) was almost 17 times and twice those of G1 and G2 collectors respectively. Hence, travelling longer distances to markets result in larger revenues. These results can be explained by the fact that G3 collectors sell their barks in more developed geographical areas where the inhabitants have a higher purchasing power than people from nearby markets. Also the demand is higher which allows selling at higher prices. Due to increasing urbanization and rural migration, the subsistence-consumers are distanced from their harvesting areas [48], hence meeting this stratum of the society requires to travel very far from herbal sources. For example, in Cotonou, the economic capital of Benin, population density reaches 10,000 inhabitants per km², while the population density in regions next to the harvesting site is only around 800 inhabitants per km² [49]. A strategy adopted by G3 collectors is that they mostly commercialized the most expensive tree bark such as *S. owariense*, *K. africana*, and *K. senegalensis* while G2 collectors used to sell species such as *P. erinaceus*, *N. diderrichii* and *T. glaucescens* which have lower NIs and EPs as well as SMs as these species were sold at lower prices. Even though *S. owariense*, *K. africana*, and *L. acida*, were the most bark species harvested and sold by G1 collectors, their selling prices per kg were lower than those of other groups. In non-timber forest products (NTFP) commercialization, registering lower income has been explained by the lower quantity collected and sold by collectors ([50]; [51]; [8]). However, in such situation, increasing tree bark quantity would further increase the loss of collector returns because selling price would go further down as demand is lower. But collectors did not ascertain the deficit of special tree bark sale, because they sold three or four different barks species per market visit at different selling prices and those species with high selling prices covers the deficit of those with lower prices. For attenuating the deficit in tree bark selling, G1 and G2 collectors must switch to more profitable species. It was noted that *P. biglobosa*, even though it does not have the highest selling price, was between the most harvested and sold tree bark by G3 collectors. This could be explained by the fact that, the demand of this species was higher than for others and any quantity harvested can be sold. The reference [52] found that in addition to

the commercialization of the bark of this species, its seeds are highly involved in trade as it is transformed into mustard, traditionally called "Afitin" in Benin. It is known that high demand implies high applied price but in this case, the low selling price of *P. biglobosa* showed that it has several provenances for supplying markets. The high selling price of *K. africana*, *K. senegalensis* and *S. owariense* could be explained by the fact that their demand in the market was not only high but they were also rare.

EP varied between 22 % and 53 % depending on collector groups. However, this result compared to other ones is very low. Profitability assessment of NTFPs sale showed EP varying between 80 % and 100 % as this activity is generally considered as not needing a special technology and material [53]. Most economic assessment studies of NTFPs do not include all costs involved into the margin profit calculation ([54]; [53]). However, NTFPs profitability is highly dependent on the different costs involved such as labour, tools and transportation, which are rarely fully quantified in economic analysis. The theoretical model of the reference [55] identifies "distance to market" and "distance to forest" as important for economic profitability. Although, the reference of [56] included time spent to collecting NTFPs by women from South West Ethiopia to their analytic model, they did not transform this time into the monetary value in order to really estimate the income on NTFPs. But they expressed this time spent in collecting NTFPs as experience obtained which is positively linked to household incomes. This means that the economic profitability of those studies is overestimated because they did not include all costs which normally decrease the profitability of NTFP sales [3].

What is expected for NTFPs commercialization is to allow some substantial return to local population. However, it is not the case for all group collectors. Where commercialization is successful, however, these activities can make an important contribution to poverty decreasing and then regularly providing a satisfaction to local population [57]. The net income from selling forest products, though modest, constitutes an important source of money for local population, allowing some of them the means to supply the daily life necessities [58]. This is the case for G3 collectors for which tree bark sale allows reaching the minimum annual household expenditure of 215.334\$ US per person in the district of Zogbodomey in Southern Benin [59]. Tree bark sale helps those collectors undertaking essential expenditure for well-being. The reference [60] suggested that some NTFP-related activities yield low returns, procuring little possibility for accumulating sufficient capital to avoid poverty. This applies for G1 and G2 collectors who did not reach this amount. It seems that as G1 collectors were involved in other income-generating activities such as Raffia wine extraction, they do not invest themselves in this activity thoroughly. G2 collectors who made this activity as prime revenue-generating income like G3 collectors have really to get more market information in order to choose more valuable species. As explained by the reference [61] household relying on NTFPs commercialization should determine the needs of their customers and analyze competitive advantages as well as select specific markets. Although the trade of these species could allow traders to get substantial revenue, those harvesters used unsustainable debarking techniques such as girdling and cutting down of tree species which could be injurious for tree species and may lead to the destruction of resource structures [42]. Species such as *K. senegalensis*, *N. diderrichii*, *P. erinaceus* are endangered and *K. africana*, is vulnerable species [62]. Therefore their intensively use without replanting or without using sustainable harvesting technique may conduct to their extinction.

5 CONCLUSION

To sum up, the current research which allowed determining species involved in bark commercialization can serve as a case study for future research. This study showed that medicinal tree commercialization such as tree bark sale is undoubtedly a source of economic income. However, net income and profitability are species and market locality dependent. Species with high returns were *K. africana*, *S. owariense*, *K. senegalensis* while *P. biglobosa*, *T. glaucescens*, *A. leiocarpa*, *V. paradoxa* and *F. trichopoda* recorded the lowest NI. It is important to investigate the impact of debarking on medicinal tree survival. The present study provides a database and conservation tools for forest management decision-making.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank DAAD for funding the current research. Special thanks to Prof. Gaudence Djego and Prof. Aristide Adomou for the identification of plant species. Our thanks go also to Dr. Thibault Lachat, for his advices in improving the present paper. We also thank Biao Christiane, Lamidi Konetché and bark collectors for their participation in the current study.

REFERENCES

- [1] Fuashi, N. A., Popoola, L., Mosua, I. S., and Wehmbazeyi, N. F., Harvesting and marketing of *Massularia* species in Cameroon and Nigeria. *Int. J. Biodivers. Conserv.* Vol. 3, no. 6, pp. 178-184, 2011.
- [2] Anorld, J. E M., and Ruiz Perez, M., The role of Non-Timber Forest Product in Conservation and development. In Wollinberg, E. and Ingles, A. (Eds). *Incomes from the forest: Method for the development and conservation of Forest Products for local communities*. CIFOR/UICN, Bogor, Indonesia. Pp. 17-12, 1998.
- [3] Neumann, R.P., and Hirsch, E., Commercialisation of Non-timber Forest Products: Review and Analysis of Research. *CIFOR, Bogor, Indonesia*, pp. 176, 2000.
- [4] Belcher, B., Ruiz-Pérez, M., and Achdiawan, R., Global patterns and trends in NTFP development. Paper presented at the International Conference on Rural Livelihoods, Forests and Biodiversity. Bonn, Germany,. CIFOR, Bogor, Indonesia. At: http://www.cifor.cgiar.org/publications/corporate/cd-roms/bonn_results/index.html (pp. 19-23, May 2003)
- [5] Cunningham, A.B., *Applied Ethnobotany: People, Wild Plant use and Conservation* Earth scan, London, p. 300, 2001.
- [6] Mander, M., Ntuli, L., Diedericks, N., and Mavundla, K., *South Africa's traditional medicines industry*. Department of Trade and Industry, South Africa, 2007.
- [7] Vodouhe, F. G., Coulibaly, O., Assogbadjo, A. E. and Sinsin, B., Medicinal plant commercialization in Benin: analysis of profit distribution equity across supply chain actors and its effect on the sustainable use of harvested species. *J. Med. Plants Res.* Vol. 2, pp. 331–340, 2008.
- [8] Adam, Y. O., Pretzsch, J., and Pettenella, D., An Analytical Framework for Assessing the Effect of Income from Non-timber Forest Products on Poverty Alleviation in Savannah Region, Sudan. *U. of K. J Agric Sci.* Vol. 21, no. 1, pp. 1-25, 2013.
- [9] Padoch, C., Marketing of non-timber forest products in western Amazonia: general observations and research priorities. *Adv. Econ Bot.* Vol. 9, pp. 43–50, 1992.
- [10] Peters, C. M., Gentry, A. H., and Mendelsohn, R.O., Valuation of an Amazonian rainforest. *Nature.* Vol. 339, pp. 655–656. <http://dx.doi.org/10.1038/339655a0>. (1989)
- [11] Godoy, R., Wilkie, D., Overman, H., Cubas, A., Cubas, G., Demmer, J., Mcsweeney, K., and Brokaw, N., Valuation of consumption and sale of forest goods from a central American rain forest. *Nature*, vol. 406, pp. 62–63, 2000.
- [12] Ros-Tonen, M. A. F. and Wiersum, K. F., The scope for improving rural livelihoods through non-timber forest products: an evolving research agenda. *For. trees livelihoods*, vol. 15, pp. 129-148, 2005.
- [13] De Beer, J. H., and McDermott, M. J., 1996. *The economic value of non-timber forest products in Southeastern Asia*, 2nd Revised edn. IUCN, Amsterdam.
- [14] Arnold, J.E.M. 2002. Clarifying the links between forests and poverty reduction. *Int Forest Rev*, vol. 4, no. 3, pp. 231-234, 1996.
- [15] Kusters, K., and Belcher, B., (eds.) *Forest products, livelihoods and conservation: case studies of non-timber forest product systems*. Asia, vol. 1, pp. 1-22, 2004.
- [16] Sunderland, T. C. H., and Ndoeye, O. (eds.), *Forest products, livelihoods and conservation: Case studies of NTFP systems Vol 2. Africa*. Centre for International Forestry Research. Bogor. ISBN: 979-3361-23-9, vol. 2, 2004.
- [17] Van Andel, T., and Fundiko, M. C. C., *The Trade in African Medicinal Plants in Matonge-Ixelles*, Brussels (Belgium). *Eco. Bot*, vol. 70, no. 4, pp. 405–415, 2016.
- [18] WHO, *General Guidelines for Methodologies on Research and Evaluation of Traditional Medicine*. Geneva, 2000.
- [19] Hirschowitz, R., De Castro, J., In *A National Household Survey of Health Inequalities in South Africa*, Community Agency for Social Enquiry, Durban, vol. 6, pp. 63-76, 1995.
- [20] Mander, M., *Marketing of Indigenous Medicinal Plants in South Africa. A Case Study in KwaZulu-Natal*. Food and Agriculture Organization, Rome, 1998.
- [21] Vasisht, K., and Kumar, V., *Compendium of Medicinal and Aromatic Plants AFRICA*. Earth, Environmental and Marine Sciences and Technologies, ICS-UNIDO, Area Science Park, Trieste, Italy, 2004.
- [22] Van Andel, T., Ghana's herbal market. *J. Ethnopharmacol*, doi:10.1016/j.jep.01.028 (2018).
- [23] Towns, A. M., Quiroz, D., Guinee, L., De Boer, H. and Van Andel, T., Volume, value and floristic diversity of Gabon's medicinal plant markets. *J. Ethnopharmacol*, vol. 155, pp. 1184–1193, 2014.
- [24] Blay, D., Dental hygiene and livelihoods: a case of chewing sticks in Ghana. In: Sunderland, T. and Ndoeye, O. (eds.) *Forest products, livelihoods and conservation: case studies of non-timber forest product systems*. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia. – Africa, vol. 2, pp. 25-36, 2004.
- [25] Ndam, N., and Marcelin, M. T., Chop, but no broke pot: the case of *Prunus Africana* on Mount Cameroon. In: Sunderland, T., Ndoeye, O. (Eds.), *Forest Products, Livelihoods and Conservation: Case Studies of Non-Timber Forest Product Systems, Africa*. CIFOR, Jakarta, vol. 2, no. 2, pp. 37–52, 2004.
- [26] Grifo, F., Rosenthal, J., 1997. *Biodiversity and human health*. Island Press, Washington DC, USA. 1997.
- [27] Hamilton, A. C., Medicinal plants, conservation and livelihoods. *Biodivers. Conserv.* vol. 13, pp. 1477–1517, 2004.

- [28] Cunningham, A. B., African medicinal plants. Setting priorities at the interface between conservation and primary healthcare People and Plant Initiative Working paper 1, UNESCO, Paris, France, 1993.
- [29] Dold, A. L., and Cocks, M. L., The trade in medicinal plants in the Eastern Cape Province, South Africa. *S.A. J. Sci*, vol. 98, pp. 589-597, 2002.
- [30] Cunningham, A.B., The herbal medicine trade: resource depletion and environmental management for a hidden economy. In *South Africa's Informal Economy*, eds E. Preston-Whyte and C. Rogerson, chap. 12. Oxford University Press, Cape Town, pp. 196–206, 1991.
- [31] Dold, T., and Cocks, M., The trade in medicinal plants in the Eastern Cape Province, South Africa. *TRAFFIC Bulletin*, vol. 19, pp.11–13, 2001.
- [32] Cakpo, T. Y., Tovissodé, C., Biaou, C., Toko, I., Loughbégnon, T., Sinsin, B., Korb, J., Ethnobotanic assessment of debarked medicinal plants in Southern Benin: the case of Lokoli Swampy Forest and Lama Protected Forest. *Int. J.Agric. Environ. Res*, vol. 03, no. 03, pp. 3036-3061, 2017.
- [33] Cunningham, A. B., An Africa-wide Overview of Medicinal Plant Harvesting, Conservation and Health Care. FAO, Rome, 1997.
- [34] Quiroz, D., Towns, A., Legba, S. I., Swier, J., Brière, S., Sosef, M. and Van Andel, T., Quantifying the domestic market in herbal medicine in Benin, West Africa. *J. Ethnopharmacol*, vol. 15, pp. 1100–1108, 2014.
- [35] Allagbe, C., La vente des plantes médicinales dans la ville de Cotonou (Engineer degree). Collège Polytechnique Universitaire, Abomey-Calavi, Bénin, p. 72.
- [36] Fassinou, V., 2008. Inventaire des racines médicinales commercialisées dans le périmètre Cotonou-Calavi (République du Bénin), École Polytechnique d'Abomey-Calavi. Thesis. Abomey-Calavi, Bénin, p. 42, 1987.
- [37] Legba, S.I., Ethnobotanique quantitative des plantes médicinales commercialisées dans la commune d'Abomey-Calavi (Bénin), École Polytechnique d'Abomey-Calavi. Thesis. Abomey-Calavi, Bénin, p.73, 2010.
- [38] Djègo, J., Djègo-Djossou, S., Cakpo, Y., Agnani, P. and Sinsin, B., Evaluation du potentiel ethnobotanique des populations rurales au Sud et au centre du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci*, vol. 5, pp. 1432–1447, 2011.
- [39] Adomou, C. A., Agbani, O. P. and Sinsin, B., Plantes. Plants. In: Neuenschwander, P.S., Sinsin, B., Goergen, G. (Eds.), *Protection de la nature en Afrique de l'Ouest: Une liste rouge pour le Bénin. Nature Conservation in West Africa: Red List for Benin. IITA*, Ibadan, Nigeria, p. 365, 2011.
- [40] Adomou, A. C., Yedomonhan, H., Djossa, B., Legba, I., Oumorou, M. and Akoegninou, A., Etude Ethnobotanique des plantes médicinales vendues dans le marché d'Abomey-Calavi au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci*, vol. 6, pp. 745-772, 2012.
- [41] Dah-Nouvlessounon, D., Adoukonou-Sagbadja, H., Diarrassouba, N., Adjanohoun, A., Baba-Moussa, F., Sezan, A., and Baba-Moussa, L., Indigenous knowledge and socioeconomic values of three kola species (*Cola nitida*, *Cola acuminata* and *Garcinia kola*) used in Southern Benin. *Euro. Sci. J*, vol. 11, no. 36, ISSN: 1857 – 7881, 2015.
- [42] Botha, J., Witkowski, E. T. F., and Shackleton, C. M., The impact of commercial harvesting on *Warbugia salutaris* (pepper-bark tree) in Mpumalanga, South Africa. *Biodiversity and Conservation*, vol. 13, pp. 1675-1698, 2004.
- [43] Kumar, V., and Jain, S. K., Plant Product in some tribal market of central India. *Econ. Bot*, vol. 56, no. 3, pp. 242-245, 2002.
- [44] R Core Team, R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.2014
- [45] Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., and Walker, S., lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4 . R package version 1, pp. 1-7, 2014.
- [46] Oluwalana, E.A.O., Adekunle, M.F., and Ayeni, A. A., Sale of medicinal forest tree bark in Abeokuta, Ogun, State Nigeria. *Int. Multidiscip. J*, vol. 1, no. 1, pp. 67-77, 2007.
- [47] Grace, O M., Prendergast, H. D. V., Jäger, A.K. and Van Staden, J., Bark medicines used in traditional healthcare in KwaZulu-Natal, SouthAfrica: An inventory. *S. Afr. J. Bot*, vol. 69, no. 3, pp. 301–363, 2003.
- [48] Marshall, T. C., Slate, J., Kruuk, L. E. B. and Pemberton, J. M., Statistical confidence for likelihood-based paternity inference in natural populations. *Mol. Ecol*, vol. 7, pp. 639–655, 1998.
- [49] Vodouhè, F., Analysis of some medicinal plants' trading channels and their impact on the sustainable use of the harvested species. Dissertation for postgraduate certificate. Faculty of Agronomic Science/ Benin. 70 p, 2005.
- [50] Mahapatra, A. and Mitchell, A. C., Sustainable development of non-timber forest products: implication for forest management in India. *For. Ecol. Manage*, vol. 94, pp. 15-29, 1997.
- [51] Bhattarai, B., Ojha, H., Banjade, M. R. and Luintel, H., The effect of NTFP expansion on sustainable local livelihood – a case of Nepal. *Forest Action*. A discussion note, 18 p, 2003.
- [52] Koura, K., Ganglo, J. C., Assogbadjo, A. E., and Agbangla, C., Ethnic differences in use values and use patterns of *Parkia biglobosa* in Northern Benin. *J. Ethnobiol. Ethnomed*, vol. 7, p. 42, 2011.
- [53] Avocèvou-Ayisso, C., Sinsin, B., Adégbidi, A., Dossou, G. and Van Damme, P., Sustainable use of non-timber forest products: Impact of fruit harvesting on *Pentadesma butyracea* regeneration and financial analysis of its products trade in Benin. *Forest Ecol Manag*, vol. 257, pp. 1930–1938, 2009.

- [54] Paoli, G. D., An ecological and economic assessment of the non-timber forest product gaharu wood in Gunung Palung National Park, West Kalimantan, Indonesia. *Conserv. Biol*, vol. 15, pp. 1721-1732, 2001.
- [55] Sills, E., and Abt, K., Introduction in E. Sills and K. Abt, eds., *Forests in a Market Economy*, Kluwer Academic Publishers, pp. 1-8, 2003.
- [56] Kassa, G., and Yigezu, E., Women economic empowerment through non timber forest products in Gimbo District, South West Ethiopia. *Am. J. Agr. Forest*, vol. 3, no. 3, pp. 99-104, 2015.
- [57] Marshall, E., Schreckenberg, K. and Newton, A. C. (eds). *Commercialization of Non-timber Forest Products: Factors Influencing Success. Lessons Learned from Mexico and Bolivia and Policy Implications for Decision-makers*. UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK, 2006.
- [58] Kar, S. P. and Jacobson, M. G., NTFP income contribution to household economy and related socio-economic factors: Lessons from Bangladesh. *For. Policy Econ.* Vol. 14, no. 1, pp. 136-142, 2012.
- [59] INSAE, 2010. Enquêtes modulaires intégrées sur les conditions de vie des Ménages (EMICoV). Principaux indicateurs. P. 124, 2010.
- [60] Ashley, C., Start, D., Slater, R. and Deshingkar, P., *Livelihood diversity and diversification. Understanding livelihoods in rural India: Diversity, change, and exclusion. Livelihood Guidance Policy Sheet 2.3*. ODI, London, 2003.
- [61] Botha, J., Witkowski, E. T. F. and Shackleton, C. M., Market profiles and trade in medicinal plants in the lowveld, South Africa. *Environ. Conserv*, vol. 31, pp. 38-46, 2004.
- [62] Neuenschwander, P., Sinsin, B. and Goergen, G. (eds). *Protection de la Nature en Afrique de l'Ouest : Une Liste Rouge pour le Bénin. Nature Conservation in West Africa: red List for Benin*. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 365 p, 2011.

ANNEXE

Supplement: Economic survey

What bark species do you sell?

How many quantities per species and per market do you sell?

For each species, gives the purchase, the selling price, and other cost such as travelling cost (go and back from forest, go and back from market).

How many persons are involved in this activity with you?

How many days do you work before selling the bark in market?

Do you use some manpower? If yes, how much do you pay per day?

Do you pay some taxes? If yes, how much?

What materials do you use for travelling (Forest, farmland and market) and how much they cost?

Table A1. Summary statement of economic data recorded

Species debarked and sold	Amount of bark sold	Provenance	Purchase	Selling price	Cost of material used for harvesting	Cost of material used for travelling to market	Taxes	Labour	Travelling cost
---------------------------	---------------------	------------	----------	---------------	--------------------------------------	--	-------	--------	-----------------

Análisis Comparativo de Recipientes a Presión Toroidal de Material Compuesto por Elementos Finitos

[Comparative Analysis of Toroidal Pressure Vessels of Composite by Finite Elements]

Darwin Patiño¹⁻²⁻³ and Alfonso Corz⁴

¹Estudiante de Doctorado, Departamento de Ingeniería Mecánica Computacional,
Universidad de Cádiz, Escuela Politécnica Superior de Algeciras,
Cádiz, Algeciras, Spain

²Docente de Programación Avanzada Orientada a Objetos,
Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Física, Carrera de Ingeniería en Sistemas,
Guayaquil, Ecuador

³Research Scholar, Departamento de Mecánica Aeroespacial,
West Virginia University,
Estados Unidos de Norte America, Virginia Occidental, Morgantown, USA

⁴Docente, Departamento de Ingeniería Mecánica Computacional,
Universidad de Cádiz, Escuela Politécnica Superior de Algeciras
Cádiz, Algeciras, Spain

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In the present study, by using the FEM finite element method, a series of toroidal pressure vessels will be constructed and a comparative analysis will be carried out to determine the type of composite material that offers the best resistance that supports the stresses and stresses. deformations that a container subjected to different pressure levels could suffer.

By using the ANSYS software and with the respective APDL code, the models to be compared are built; the tests are carried out virtually in a simulated environment, which allows us to approach a real environment, apply computational engineering criteria to have a greater precision in the measurements made in the geometry combined with the type of material, with the pressure load and with the angular orientation of the sheets within a laminate.

In this study, the code required to create the geometry of the container is exposed, as well as the way in which the data of the material and the corresponding model of the element to be used are entered, as well as the way in which the application is applied. finite element model and the mesh to be used.

The final objective is to determine the angular orientation with a determined number of carbon fiber sheets so that the toroid reaches an acceptable resistance by a criterion of failure, which allows to minimize the waste of material and excess weight at an appropriate cost.

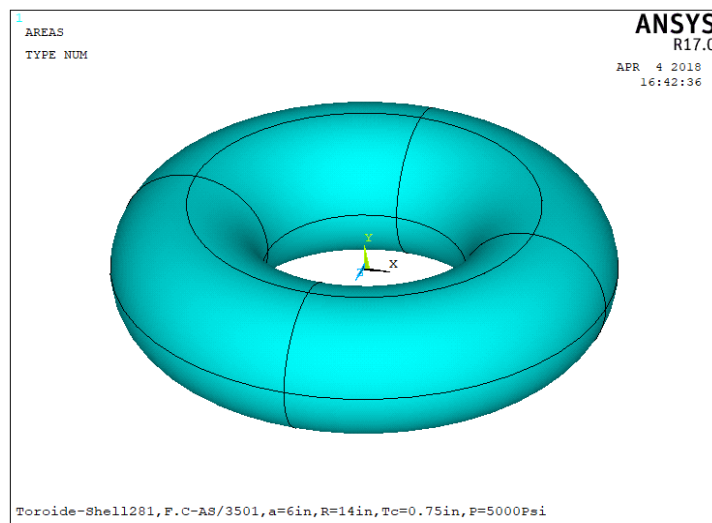
KEYWORDS: Computational Engineering, Mechanical Design, Toroid, Optimization, Finite Elements, Laminates, Carbon fiber.

1 INTRODUCTION

Un recipiente de forma toroidal es una cascara axilsimétrica de revolución con una sección recta que no tiene intersección con el eje de revolución. Estos recipientes inicialmente se fabricaban de un material isótropo [1] como el caso del acero, pero con el pasar del tiempo y a medida que se han desarrollado nuevas tecnologías de materiales [2] se han obtenido prestaciones importantes con los materiales compuestos.

Los recipientes toroidales se han venido utilizando en la industria aeronáutica, naval y automotriz para el almacenamiento de gas natural GNC a presión para ser usado en diferentes tipos de vehículos.

Usar materiales compuestos en la fabricación de recipientes a presión de forma toroidal[5], ofrece muchas ventajas sobre otras estructuras de materiales comunes como los metálicos ya que se destacan por tener un peso más ligero y la capacidad de adaptar el material a los requisitos de diseño.



Recipiente Toroidal

Los requisitos de diseño hacen variar los parámetros de construcción, tales como ángulos de orientación de las láminas, la secuencia de apilamiento y el espesor del laminado, se podrían obtener criterios de optimización que permitirían reducir deformaciones, aumentar la resistencia y minimizar el peso del recipiente.

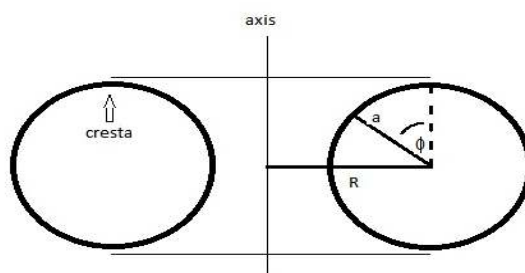
La obtención de soluciones para las tensiones y deformaciones en un toroide son más difíciles que en otras cascara axilsimétricas de revolución, debido a la discontinuidad de la fibra ocurrida en las secciones lineales del toroide y en su cresta por lo que se han venido planteando soluciones para toroides ortótropos [14],[15] basados en este criterio; estas soluciones sólo tienen en cuenta el comportamiento global del toroide, descuidando las distribuciones del sentido de la fibra y la dirección transversal destacada dentro de cada capa del material compuesto.

Para el análisis comparativo, se tomara la información del toroide reflejado en el estudio [19] y se contrastaran con el nuevo modelo toroidal, además se utilizará el método de elementos finitos como herramienta de análisis matemático y mediante el uso del software ANSYS[6] se realizaran las pruebas y ensayos de manera virtual.

2 FORMULACIÓN DEL MODELO

2.1 LA GEOMETRÍA

Se ha usado un modelo, cuya geometría tiene una sección recta circular de espesor t que puede variar, esta sección recta girada toma la forma de un círculo de radio a , la misma que al ser rotada mediante revolución alrededor de un eje o axis a una distancia R entre el centro de la sección recta y el eje forma el toroide, esta distancia R se denomina el radio mayor del toroide. El ángulo φ de la dirección meridional para un toroide circular es tangente a la sección recta. La mitad superior del toroide se define desde $-90 < \varphi < 90$, con la cresta que ocurre en $\varphi = 0$.



Geometría circular del toroide

Debido a su geometría, las sobrecargas de fibras de un toroide tendrán una natural variación de espesor debido a la acumulación de fibras. El volumen de fibra es constante a través del toroide, por lo que el espesor de la cascara toroidal disminuirá radialmente desde el eje de revolución debido al aumento en el área de superficie del toroide; este grosor puede definirse como una función de la coordenada meridional, ϕ , y una referencia de espesor t_c se toma como el espesor en la cresta del toroide [7].

Para un toroide circular con presión interna, las aproximaciones de la teoría de cascara lineales para las fuerzas meridionales y línea circunferencial están publicadas en [8]–[10] donde p es la magnitud de la presión interna.

$$N_{\phi} = \frac{pa}{2} \left(1 + \frac{R}{R - a(\sin \phi)} \right) \quad (1)$$

$$N_{\theta} = \frac{pa}{2} \quad (2)$$

La fuerza lineal se considera que es constante a través del espesor y se relaciona con la tensión en la cascara por $N = \sigma t$. La fuerza lineal meridional N_{ϕ} , disminuye a medida que la distancia desde el eje de revolución aumenta mientras que la fuerza de la línea circunferencial N_{θ} , se mantiene constante a través del toroide, por lo que la carga meridional es dominante dentro de él.

El equilibrio de una cascara de revolución bajo presión interna está dada por [8], [9] donde r_{ϕ} y r_{θ} son el meridiano y los radios de curvatura circunferencial, respectivamente:

$$\frac{N_{\phi}}{r_{\phi}} + \frac{N_{\theta}}{r_{\theta}} = p \quad (3)$$

Las técnicas de análisis desarrolladas en modelos toroidales de material compuesto, han basado los criterios de optimización en el diseño del sentido de la fibra[11] sobre un mandril para construir el toroide, así como la contabilización del grosor del laminado por el apilamiento de las mismas; la simulación con varias capas de fibra mediante la teoría de laminación y la aplicación de cargas mediante el análisis de elementos finitos sobre la superficie del toroide, genera un comportamiento difícil de modelar ya que uno de los principales problemas es el desplazamiento discontinuo de la fibra desde la parte de la cresta del mismo hacia las regiones internas como se aprecia en la figura 2.

.

radio_a = 6 ! 10in

radio_R = 14 ! 15in

pax = 0 ! coordenadaX del origen / axis

pay = 0 ! coordenadaY del origen / axis

ccx = pax+radio_R !centro X de la circunferencia

ccy = pay !centro Y de la circunferencia

.

.

K,2,pax+radio_R-radio_a,pay

K,5,pax+radio_R,pay+radio_a

K,8,pax+radio_R+radio_a,pay

K,10,pax+radio_R,pay-radio_a

K,15,ccx,ccy ! centro de la circunferencia

K,20,pax,pay+radio_a ! puntos para el axis

K,21,pax,pay-radio_a

! cuatro arcos para crear un circulo

CIRCLE,15,radio_a,,,360,32

LSEL,S,LINE,,2,7

LSEL,A,LINE,,10,15

LSEL,A,LINE,,18,23

LSEL,A,LINE,,26,31

LDELE,ALL,,1

LSEL,ALL

LPLOT

LARC,23,14,15,radio_a !L1-ARCO

LARC,12,3,15,radio_a !L2 - ARCO

LARC,39,33,15,radio_a !L3 - ARCO

LARC,31,25,15,radio_a !L4 - ARCO

AROTAT,16,2,9,8,3,1,20,21

AROTAT,32,4,25,24,5,17,20,21

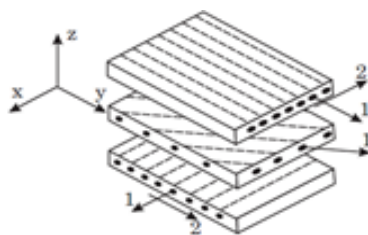
.

.

2.2 EL LAMINADO

Las propiedades del shell de múltiples capas se determinan mediante el uso básico de la teoría de laminación, en donde la orientación de las láminas dentro del laminado es un factor importante que influye en la resistencia del toroide frente a posibles deformaciones. Por otra parte hay que considerar que la técnica de bobinado por enrollamiento de hilos genera una acumulación de fibra en las regiones internas o axiales del toroide tal como se aprecia en la figura 1, esta distribución no homogénea de fibras a lo largo del toroide, plantean una variación de espesor en áreas plenamente identificadas que podrían reflejar un desperdicio de material pero que al mismo tiempo proporcionarían un refuerzo implícito sobre los sectores más propensos a la deformación y ruptura dentro de la geometría toroidal.

Por definición las láminas de material [12] compuesto son, material ortótropo, en donde sus propiedades mecánicas están condicionadas por las de la fibra y la matriz. La micromecánica [12] de las láminas nos permite obtener parámetros que marcan su comportamiento mecánico. Los materiales ortótropos tienen un comportamiento elástico que está caracterizado por una serie de constantes elásticas asociadas a tres direcciones mutuamente perpendiculares; por lo que el comportamiento elástico queda caracterizado por nueve constantes independientes: tres módulos de elasticidad longitudinal (E_1 , E_2 , E_3), tres módulos de rigidez (G_{12} , G_{23} , G_{31}) y tres coeficientes de Poisson (ν_{12} , ν_{23} , ν_{31}). Que en el caso de una lámina quedan reducidas a cuatro constantes: E_1 , E_2 , G_{12} y ν_{12} ; siendo $G_{21} = G_{12}$ y $\nu_{21} = \frac{E_1}{E_2} \nu_{12}$, donde la dirección de las fibras se indica mediante el subíndice 1 y la dirección transversal a las fibras con el subíndice 2; ν_{12} es el coeficiente de Poisson en la dirección de las fibras y ν_{21} es el mismo coeficiente en la dirección transversal de ellas.



Láminas de un laminado

Para toroides de material ortótropo construido con materiales compuestos, la relación constitutiva se puede definir utilizando la teoría de laminación, dado por [12][13][14].

$$\begin{Bmatrix} N \\ M \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ B & D \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \epsilon \\ \kappa \end{Bmatrix} \quad (4)$$

Donde N es el vector de fuerzas de línea en el plano, M es el vector de momentos por longitud, ϵ es el vector de tensiones del plano medio, y κ es el vector de curvaturas del plano medio. El laminado es constante y las matrices A , B y D corresponden a la rigidez en el plano, plegado y al acoplamiento de estiramiento de rigidez flexional, respectivamente, definida como [18].

ET,1,SHELL281

! Constantes Ingenieriles

! Material - AS/3501 Carbono/Epoxy

MP,EX,1,2.001e7 ! E1=0.200007e6Psi
 MP,EY,1,1.300e6 ! E2=1.305339e6Psi
 MP,EZ,1,1.300e6 ! E2=E3=1.305339e6Psi
 MP,PRXY,1,0.3 ! V12=0.3
 MP,PRYZ,1,0.49 ! V13=0.49
 MP,PRXZ,1,0.49 ! V23=0.3
 MP,GXY,1,1.030e6 ! G12=1.029767e6Psi
 MP,GYZ,1,0.899e6 ! G23=0.899234e6Psi
 MP,GXZ,1,0.899e6 ! G13=0.899234e6Psi
 .
 .
 .
 ! Espesor de 0.75in = 12laminas de 0.0625in

SECTYPE,1,SHELL,,UP

SECDATA,0.0625,1,45,3
 SECDATA,0.0625,1,-45,3
 SECDATA,0.0625,1,0,3
 SECDATA,0.0625,1,90,3
 SECDATA,0.0625,1,45,3
 SECDATA,0.0625,1,-45,3

SECDATA,0.0625,1,-45,3
 SECDATA,0.0625,1,45,3
 SECDATA,0.0625,1,90,3
 SECDATA,0.0625,1,0,3
 SECDATA,0.0625,1,-45,3
 SECDATA,0.0625,1,45,3

SECOFFSET,MID !ubicación desde el plano medio

SECCONTROL,,,,,,,,

.
 .
 .

2.3 MODELO DE ELEMENTOS FINITOS.

El modelo de elementos finitos se ha aplicado mediante ANSYS [6] el mismo que ofrece una variedad de herramientas para el análisis estructural, se ha empleado el elemento tipo shell, ya que es uno de los elementos que permiten un modelado axilsimétrico con propiedades del material de entrada del laminado constantes. Dentro de los elementos de ANSYS se toma como referencia el elemento SHELL281 para obtener resultados con una mejor precisión compuesto de ocho nodos, el modelo shell de elementos finitos requiere un modelo tridimensional del toroide; el toroide puede ser modelado por la sección recta haciéndole un barrido a través de un arco axilsimétrico obligando a que las condiciones sean aplicadas a los bordes libres del mallado.

```
.  
.   
.   
  
MSHKEY,0 ! FREE MESH  
MSHAPE,1,2D  
AMESH,ALL  
  
  
/ESHAPE,1 ! 1 para la dimensión real  
/REPLOT  
  
  
NSEL,ALL,ALL  
NUMMRG,ALL ! se pegan todos los nodos  
  
  
LSEL,S,LINE,,79  
LSEL,A,LINE,,100  
LSEL,A,LINE,,93  
LSEL,A,LINE,,86  
DL,ALL,ALL,ALL !lineas,areas,grados de libertad  
  
  
NSEL,ALL,ALL  
ASEL,ALL  
SFA,ALL,,PRES,5000 !5000Psi  
SFTRANS  
  
.   
.   
. 
```

2.4 EL CRITERIO DE FALLA

El criterio de falla proviene de las curvas de ajuste obtenidas de pruebas experimentales que se emplean para predecir fallas; es representado por medio de la notación de índice de falla, la cual es usada por varios paquetes de elementos finitos y es definido como:

$$I_F = \frac{\text{esfuerzo}}{\text{resistencia}} \quad (5)$$

Se predice la falla cuando $I_F \geq 1$. La razón de resistencia es el intervalo del índice de falla.

$$R = \frac{1}{I_F} = \frac{\text{resistencia}}{\text{esfuerzo}} \quad (6)$$

La falla se predice cuando $R \leq 1$.

Usando el criterio de Tsai-Wu, el índice de falla es definido como [12]

$$I_F = \left[-\frac{B}{2A} + \sqrt{\left(\frac{B}{2A}\right)^2 + \frac{1}{A}} \right]^{-1} \quad (7)$$

Con

$$\begin{aligned} A = & \frac{\sigma_1^2}{F_{1t}F_{1c}} + \frac{\sigma_2^2}{F_{2t}F_{2c}} + \frac{\sigma_3^2}{F_{3t}F_{3c}} + \frac{\sigma_4^2}{F_4^2} + \frac{\sigma_5^2}{F_5^2} \\ & + \frac{\sigma_6^2}{F_6^2} + C_4 \frac{\sigma_2\sigma_3}{\sqrt{F_{2t}F_{2c}F_{3t}F_{3c}}} \\ & + C_5 \frac{\sigma_1\sigma_3}{\sqrt{F_{1t}F_{1c}F_{3t}F_{3c}}} \\ & + C_6 \frac{\sigma_1\sigma_2}{\sqrt{F_{1t}F_{1c}F_{2t}F_{2c}}} \end{aligned} \quad (8)$$

$$B = (F_{1t}^{-1} - F_{1c}^{-1})\sigma_1 + (F_{2t}^{-1} - F_{2c}^{-1})\sigma_2 + (F_{3t}^{-1} - F_{3c}^{-1})\sigma_3 \quad (9)$$

FC,1,S,XTEN,1.850e5

FC,1,S,YTEN,4.200e3

FC,1,S,ZTEN,1E12

FC,1,S,XCMP,-4.900e4

FC,1,S,YCMP,-2.290e4

FC,1,S,ZCMP,-1E12

FC,1,S,XY,7.1e3

FC,1,S,YZ,1E12

FC,1,S,XZ,1E12

FC,1,S,XYCP,-1

FC,1,S,YZCP,-1

FC,1,S,XZCP,-1

3 FORMULACIÓN DE MODELOS

En términos de ingeniería un laminado constante puede ser determinado o extraído de la matriz de rigidez en el plano, en donde el laminado es definido por [18]. Se han analizado varios modelos y se han revisado varios estudios que se han centrado en la orientación del bobinado del lamiando [3], [15], [16], los hilos de fibra se enrollan sobre una matriz que es escogida para una determinada situación[17], está técnica denominada filament winding, otra técnica empleada es la denominada fiber placement en la que se utilizan cintas de fibra de carbono que se las pegan sobre un molde en diferentes ángulos de orientación, con esta técnica se controla de una mejor manera el desperdicio de material.

M1, material ortótropo genérico, orientación de las láminas a $[0/\pm 45/90]_n$; Numero de capas $n = 12$.

M2, material Kevlar/Epoxy, orientación de las láminas a $[0/\pm 45/90]_n$; Numero de capas $n = 12$.

M3, Carbono/Epoxi, orientación de las láminas $[0/\pm 45/90]_n$; Numero de capas $n = 12$.

M4, Carbono/Epoxi, orientación de las láminas $[\pm 45/0/90/\mp 45]_s$; Numero de capas $n = 12$.

Tabla 1

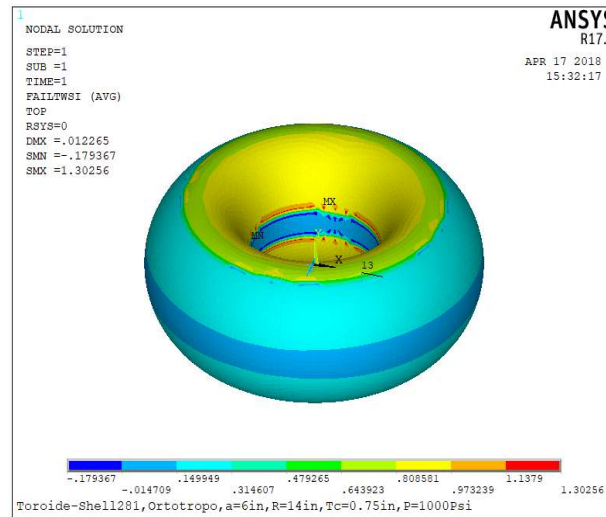
	M1	M2	M3, M4,M5
E ₁	10e6	11e6	2.001e7
E ₂	5e6	0.8e6	1.3e6
V ₁₂	0.3	0.34	0.3
V ₁₃	0.37	0.37	0.49
G ₁₂	0.3e6	0.3e6	1.030e6
G ₁₃	0.2e6	0.2e6	0.899e6
X _t	2.098e5	1.85e5	2.098e5
Y _t	7.5e3	4.2e3	7.5e3
X _c	2.098e5	-4.9e4	2.098e5
Y _c	2.99e4	-2.29e4	2.99e4
S	1.349e4	7.1e3	1.349e4

Para los modelos M1 y M2 las características mecánicas fueron tomadas de [19] y se contrastarán contra los modelos M3, M4 y M5 de AS/3501 Carbono/Epoxi con sus correspondientes orientaciones y constantes ingenieriles.

Los toroides para el análisis son tomados de [19], las características geométricas son similares pero de diferentes tipo de material, el radio mayor $R=16\text{in}$ y el radio menor $a=10\text{in}$ (254 mm) el espesor total $t_c=0.75\text{in}$ (19,05 mm) el laminado está a diferentes orientaciones angulares, y son sometidos a una presión de 1000 psi. Estos dos toroides, el ortótropo genérico y el de kevlar/epoxi serán comparados con un nuevo modelo construido con cintas laminares de fibra de carbono AS/3501 con laminación simétrica y no simétrica de diferentes orientaciones angulares.

4 ENSAYOS VIRTUALES

En los ensayos virtuales usaremos los modelos empleados por [19] y los contrastaremos con un modelo de fibra de carbono de iguales características geométricas pero con una sobre carga de material en la sección meridional interna tal como se refleja en la figura 1; esta sobre carga de material que generalmente se genera por la técnica de bobinado finalmente creará un refuerzo implícito en las áreas axiales reduciéndose así la tendencia a fallos y rupturas de esas áreas.



Modelo M1

En este modelo de material genérico, el coeficiente de fallo es de 1.30256 y las aproximaciones a fallas se reflejan en las áreas axiales del toroide, las mismas que sobrepasan el coeficiente de Tsai-Wu, apreciándose un desperdicio de material en las áreas meridionales del toroide y verificándose que el modelo no ofrece la resistencia necesaria para la presión establecida.

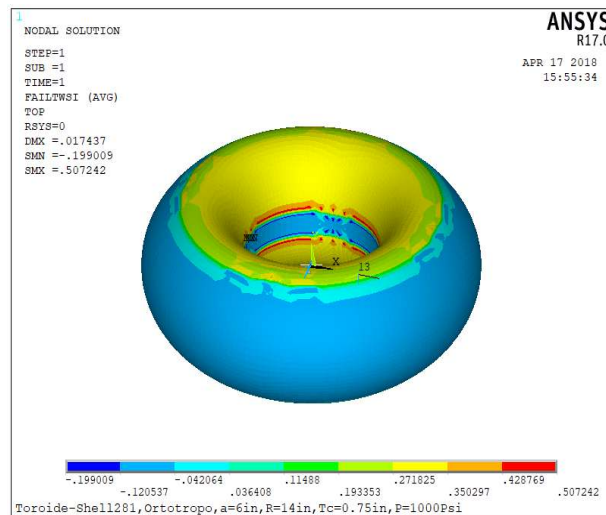
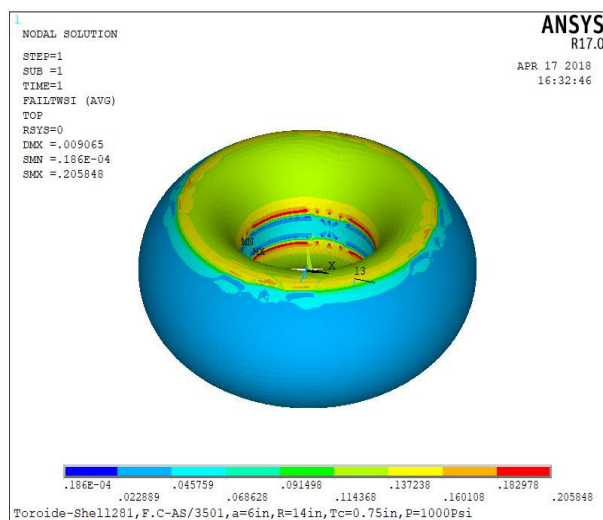


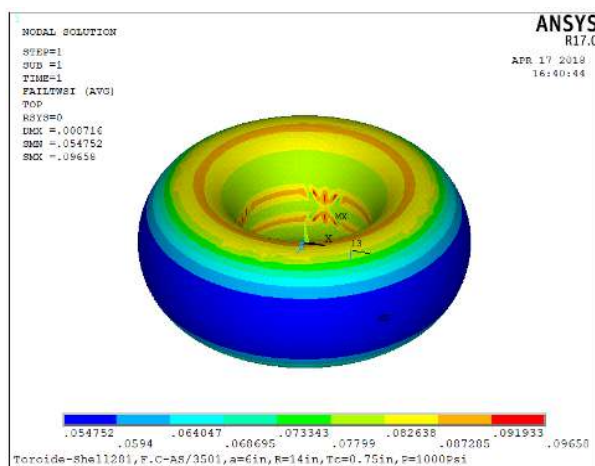
Fig. 5. Modelo M2

Este modelo construido con kevlar, refleja un mejor rendimiento que el modelo genérico, su coeficiente de fallo es de 0.507242 y está a 79% por debajo del modelo M2 y aun 49% debajo del establecido por Tsai-Wu, se aprecia además que los fallos más próximos se dan en las áreas axiales del toroide, este modelo ofrece mayor resistencia a la presión y refleja un menor consumo de material, además se puede apreciar un pequeño aumento de deformación con respecto al modelo de la Figura 4.



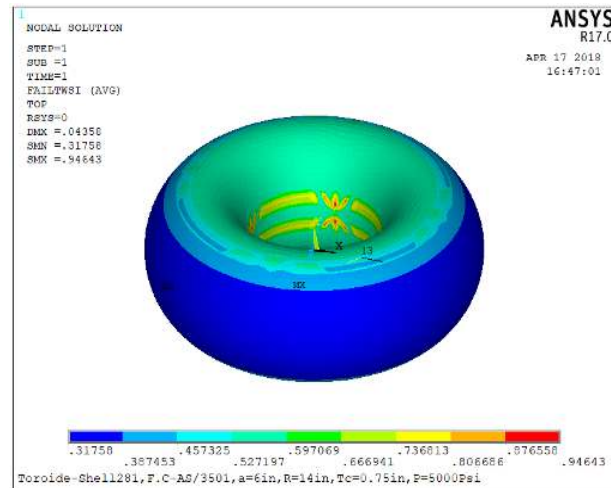
Modelo M3

Este modelo tiene características similares al modelo de la figura 5 y solo difiere en su tipo de material, se sigue apreciando que las áreas axiales son las más susceptibles a fallas, su coeficiente de fallo se ha reducido en un 79% y su nivel de deformación se ha reducido considerablemente apreciándose un mayor consumo de material con respecto al modelo de Kevlar.



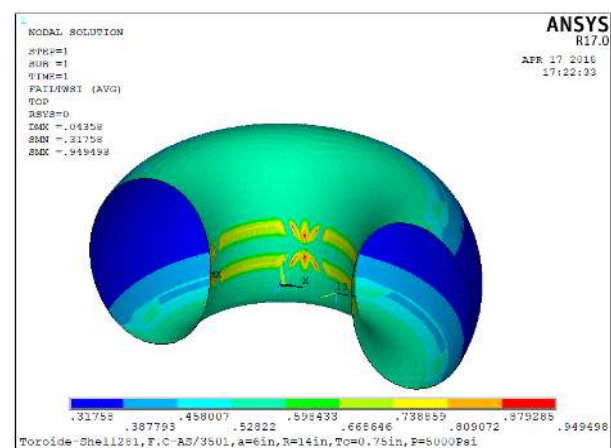
Modelo M4

Este modelo es el resultado de una mejora del modelo M3 en la figura 6, se emplearon 12 láminas apiladas simétricamente con una orientación angular de $[\pm 45/0/90/\mp 45]_s$, lográndose reducir el índice de fallo así como las tensión de las áreas axiales, por lo que se puede apreciar que hay un aumento considerable a la resistencia del recipiente.



Modelo M5

La secuencia de apilamiento de las láminas del modelo M4 en la figura 7, ha permitido generar un nuevo modelo con una variante que permitió aumentar la resistencia del modelo, las áreas axiales están con 12 láminas orientadas simétricamente a $[\pm 45/0/90/\mp 45]_s$, lográndose un mejor aprovechamiento del material así como elevar su resistencia a 5000Psi.



En este corte transversal del modelo M5 se aprecia la reducción del consumo de material cuando el toroide es sometido a 5000psi de presión, manteniendo el índice de fallo dentro del valor establecido por Tsai Wu.

5 RESULTADOS

En la siguiente tabla se aprecian los resultados de deformación y coeficientes de fallo de los modelos comparados.

Tabla. 2

	DMX	Coeficiente de Fallo Tsai-Max	% de variación de la Deformación	% de variación del coeficiente de Fallo
M1	0.122655	1.30256	-	-
M2	0.17437	0.507242	42%	61%
M3	0.009065	0.205848	93%	84%
M4	0.008716	0.09658	93%	93%
M5	0.04358	0.949448	65%	27%

El índice de fallo del modelo M1 ha sobrepasado el 30% del valor establecido por Tsai Wu, reflejándose que no soporta la presión al que fue sometido, a diferencia del modelo M2 el cual refleja que su índice de fallo se ha reducido en un 61% aunque la deformación haya aumentado un 42% el modelo M2 ofrece una mejor resistencia que el modelo M1.

El modelo M3 es un modelo que difiere de los modelos M1 y M2 solo en el tipo de material ya que la secuencia de apilamiento laminar $[a/\pm b/c]_n$ se mantuvo, ofreciendo una mejor resistencia que ha alcanzado a reducir el índice de fallo en un 84% así como la deformación en un 93% no obstante se evidencia un desperdicio de material.

El modelo M4 es una variante del modelo M3 al que se le ha cambiado la orientación de las láminas y se le ha creado un laminado simétrico $[\pm b/a/c/\mp b]_s$, la mejora plantea una reducción del índice de falla de 93% manteniendo la deformación con una muy pequeña deformación.

Al observarse gráficamente que las áreas axiales de los modelos son las más susceptibles al fallo o ruptura, se elaboró el modelo M5 que combina la simetría de la secuencia de apilamiento laminar, así como la orientación angular de las mismas para tener un mejor aprovechamiento de la distribución del material sobre el toroide, alcanzándose una resistencia a los 5000psi de presión al que es sometido.

6 CONCLUSIONES

Los modelos M1 y M2 obtenidos de [19] proporcionaron resultados consistentes, el modelo que obtuvo una mejor resistencia fue el M2 por lo que se determina que el tipo de material de este modelo influyó considerablemente sobre la resistencia del modelo.

Puesto que M3 fue elaborado con fibra de carbono para contrastarse contra M1 y M2, y al reflejarse que se redujo el nivel de deformación, así como su coeficiente de fallo se ha determinado que la fibra de carbono ofrece una mejor resistencia que los otros materiales en iguales condiciones

En el modelo M4 se cambiaron la secuencia del laminado, así como los ángulos de orientación de sus capas, por lo que se ha determinado que los cambios realizados han influido directamente sobre el mejoramiento de la resistencia del modelo toroidal.

El modelo M5 es un modelo M4 evolucionado, tiene una mejor distribución de la fibra de carbono sobre las áreas axiales y no axiales del toroide; esta distribución de material ha permitido que el recipiente pueda alcanzar a soportar hasta 2.8 veces más la presión que los otros modelos con un nivel de deformación aceptable y un índice de fallo dentro del nivel establecido.

El análisis de elementos finitos ha proporcionado resultados consistentes, estableciendo la confianza y la validez de los ensayos virtuales realizados sobre los toroides ortótropos con espesor constante; determinándose que las secuencias de apilamiento de las láminas, así como su orientación angular ocasionan la reducción o el aumento de la resistencia del recipiente toroidal.

El criterio de fallo de Tsai-Wu, ha permitido determinar las regiones donde las intensidades de tensiones ocasionarían la ruptura en una primera lamina, la variación de su índice ha permitido realizar los ajustes necesarios sobre el recipiente toroidal para obtener un modelo que ofrezca la resistencia esperada a la presión al que es sometido sin que se produzca ruptura.

RECOMENDACIONES FUTURAS

Realizar el estudio para la implementación de un optimizador, que minimice el consumo de material en la construcción de un toroide, en donde el espesor y los ángulos de orientación de las láminas deberían modificarse en un proceso iterativo donde heurísticamente se pueda alcanzar la optimización deseada.

Debido a la eficiencia computacional del modelo de elementos finitos la optimización puede ser alcanzada rápidamente aplicando diversas técnicas heurísticas que actualmente estamos implementando dentro de esta investigación; los criterios de fallos podrían ser aplicados como elementos de restricción de mayor importancia.

Un recipiente a presión de forma toroidal, fabricado de fibra de carbono, por su geometría y por el tipo de material requiere de un estudio que determine la mejor ubicación de un agujero para poner un elemento de conexión tipo válvula o tubuladura.

Realizar un estudio, que determine el mejor algoritmo heurístico de optimización, para recipientes a presión de forma toroide fabricado de fibra de carbono.

REFERENCIAS

- [1] C. T. Herakovich, *Mechanics of Fibrous Composites*, vol. 27. Wiley, 1997.
- [2] A. Miravete and J. Cuartero, "Materiales compuestos 03."
- [3] L. Zu, S. Koussios, and A. Beukers, "Design of filament-wound circular toroidal hydrogen storage vessels based on non-geodesic fiber trajectories," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 35, no. 2, pp. 660–670, 2010.
- [4] L. Zu, Q. He, and Q. Ni, "Pattern Design for Non-Geodesic Winding Toroidal Pressure Vessels," in *16 Th International Conference on Composite Materials*, 2007.
- [5] T. DeLay and K. Roberts, "Toroidal Tank Development for Upper-stages," Nov. 2003.
- [6] "Composites Analysis in ANSYS Composites Analysis in ANSYS • Composites and Advantages • Traditional Composites Modeling, Interface Delamination and Failure Simulation • ANSYS - Fibersim Interface," pp. 1–58, 2005.
- [7] J. Li, S., Cook, "An Analysis of Filament Overwound Toroidal Pressure Vessels and Optimum Design of Such Structures," *J. Press. Vessel Technol.*, vol. 24, no. 2, pp. 215–222, 2002.
- [8] R. A. Clark, "On the Theory of Thin Elastic Toroidal Shells," *Math. Phys.*, vol. 29, no. 3, pp. 146–178, 1950.
- [9] S. Timoshenko, S., Woinowsky-Kreiger, "Theory of Plates and Shells," in *McGraw-Hill*, McGraw-Hill, Ed. New York, 1959.
- [10] J. Cook and B. J. Richards, "Aparato de Contención de Gas," 2002.
- [11] L. Z. Haixiao Hu, Shuxin Li, Jihui Wang, "Structural design and experimental investigation on filament wound toroidal pressure vessels," 2015. [Online]. Available: http://ac.els-cdn.com/S0263822314005923/1-s2.0-S0263822314005923-main.pdf?_tid=a37d9c02-e55a-11e5-b3f9-00000aacb35e&acdnat=1457461495_b8f1a80ce19799a7efa295bef16af056. [Accessed: 08-Mar-2016].
- [12] E. J. Barbero, *Introduction to Composite Materials Design, Second Edition*. 2010.
- [13] H. T. Hahn and S. W. Tsai, *Introduction to Composite Materials*. CRC Press, 1980.
- [14] C. T. Herakovich, "Mechanics of Fibrous Composites," in *John Wiley and Sons*, New York, 1998.
- [15] L. Zu, S. Koussios, and A. Beukers, "Shape optimization of filament wound articulated pressure vessels based on non-geodesic trajectories," *Compos. Struct.*, vol. 92, no. 2, pp. 339–346, Jan. 2010.
- [16] L. Zu, S. Koussios, and A. Beukers, "Composites : Part A Design of filament – wound domes based on continuum theory and non-geodesic roving trajectories," *Compos. Part A*, vol. 41, no. 9, pp. 1312–1320, 2010.
- [17] L. Zu, "Stability of fiber trajectories for winding toroidal pressure vessels," *Compos. Struct.*, vol. 94, no. 5, pp. 1855–1860, 2012.
- [18] L. Zu, S. Koussios, and A. Beukers, "Minimum weight design of helically and hoop wound toroidal hydrogen storage tanks with variable slippage coefficients," *Polym. Compos.*, vol. 33, no. 12, pp. 2218–2227, 2012.
- [19] M. J. Vick and K. Gramoll, "Finite Element Study on the Optimization of an Orthotropic Composite Toroidal Shell," *J. Press. Vessel Technol.*, vol. 134, no. 5, p. 051201, 2012.

Problématique du marché du riz en Côte d'Ivoire : Une analyse par un modèle d'équilibre sectoriel

[Problems of the rice market in Côte d'Ivoire : An analysis using a sectorial equilibrium model]

ACHY Landry

Doctorant en 5ème année de Sciences Economiques, Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan-Cocody, Côte d'Ivoire

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present study aims at an analysis of the domestic rice market (highly competitive with imported rice) and focuses on the particular balance of supply and demand.

In order to achieve these objectives, the determinants of the supply and demand of rice in Côte d'Ivoire are analyzed using the elasticities calculated from the estimated parameters of two econometric models. Then, we present a partial equilibrium model based on the competition point of these previous models. The results of the application indicate that local rice is a luxury good because the parameter of its price (0,53) is significant at 5% and positive. With supply of rice, the results show that supply is very little influenced by price factors confirming the hypothesis that price factors influence very little the supply of rice in Côte d'Ivoire. Finally, the partial equilibrium model reveals the non-determinant role of the price of local white rice as a means of regulating the market for this cereal.

KEYWORDS: partial equilibrium model, the supply of rice, the demand of rice, elasticity, regulating of the market.

RÉSUMÉ: La présente étude vise une analyse du marché du riz domestique (fortement concurrencé par le riz importé) et se focalise sur le point particulier d'équilibre de l'offre et de la demande.

Afin d'atteindre ces objectifs, les déterminants de l'offre et de la demande de riz en Côte d'Ivoire sont analysés à l'aide des élasticités calculées à partir des paramètres estimés de deux modèles économétriques, suivi d'un modèle d'équilibre partiel basé sur le point de concours de ces modèles précédents. Les résultats de la demande indiquent que le riz local est un bien de luxe car le paramètre de son prix (0,53) est significatif à 5% et positif. Avec l'offre du riz, les résultats montrent que l'offre est très peu influencée par les facteurs-prix confirmant l'hypothèse selon laquelle les facteurs-prix influencent très peu l'offre de riz en Côte d'Ivoire. Enfin, le modèle d'équilibre partiel révèle le rôle non déterminant du prix du riz blanc local, comme instrument de régulation du marché de cette céréale.

MOTS-CLEFS: modèle d'équilibre partiel, l'offre de riz, la demande de riz, élasticité, régulation du marché.

CODES JEL: C36, D12, D22.

1 INTRODUCTION

La Côte d'Ivoire, à l'instar de certains pays de la sous-région ouest africaine, fait face à une situation alimentaire relativement difficile. En effet, le problème de l'insécurité alimentaire dans le pays reste intimement lié à celui de l'accès. Le Document de Stratégie de Réduction de la Pauvreté (DSRP, 2009) indique que les besoins minima de 20 à 40% de la population estimés à 2 250 kilocalories par jour et par personne ne sont pas satisfaits. Les résultats de l'enquête sur la sécurité alimentaire des ménages menée conjointement par le PAM et la FAO en 2006 dans 10 des 19 régions administratives que compte le pays indiquent qu'au maximum 20% des ménages étaient dans une situation d'insécurité alimentaire qualifiée de sévère. Ainsi, on peut relever que l'écart entre la production nationale vivrière et les besoins croissants de la population n'a pas cessé de se creuser au fil des années. Les obstacles à la réalisation de l'objectif d'autosuffisance alimentaire se trouvent à la fois du côté

de la demande que celui de l'offre. L'insuffisance de l'offre agricole peut être expliquée par le niveau inadéquat et l'incohérence des incitations économiques accordées aux paysans mais aussi par le manque d'efficacité de ces producteurs. Le problème se pose avec acuité dans le secteur des céréales qui constituent l'aliment de base pour les populations rurales et même urbaines. Les cultures du riz et du maïs sont les deux principales spéculations céréalières. Le riz à lui seul représente plus de la moitié de la superficie cultivée en céréales avec 57,06 % (RNA, 2001). Mais, cette céréale très importante pour la sécurité alimentaire, fait l'objet d'une attention particulière avec des résultats plus ou moins mitigés depuis l'indépendance de la Côte d'Ivoire jusqu'à aujourd'hui. En effet, comment expliquer qu'alors que les producteurs de presque tous les produits agricoles vivriers arrivent à répondre à la demande locale, mais le riz dont la filière est étroitement contrôlée par l'Etat n'arrive pas à satisfaire les besoins exprimés ? (Diomandé K., 1995). Cette situation peut s'expliquer par des défaillances au niveau des politiques rizicoles envisagées dans le temps par nos gouvernants. Ainsi, quelques soient les stratégies envisagées par nos gouvernants, il faut noter aujourd'hui qu'il existe toujours un déficit structurel s'expliquant par une production locale qui reste insuffisante pour couvrir la consommation nationale de cette céréale. L'éclairage sur ce déficit structurel passe par l'état des lieux sur l'offre et la demande de riz blanc en Côte d'Ivoire.

L'OFFRE DE RIZ EN CÔTE D'IVOIRE

En nous inspirant des travaux de (N'Garasseum, 2009), nous décomposons la période 1965-2017 en six sous périodes suivantes : 1965- 1974 ; 1975-1984 ; 1985-1994 ; 1995-2000, 2001-2008 et 2008-2017 pour analyser les tendances de la production et des importations du riz en Côte d'Ivoire. i) 1965-1974 : cette sous période correspond à celle de la mise en œuvre des programmes d'intensification et de modernisation de la riziculture irriguée par l'Etat. Cette politique interventionniste a permis d'accroître la production et d'atteindre quasiment l'autosuffisance en riz ; ii) 1975-1984 : cette sous période a été celle pendant laquelle les politiques mises en œuvre, plutôt que de promouvoir la production de riz domestique, semblent s'être appuyées sur une hypothèse de croissance de recettes tirées de l'exportation des produits de rente pour assurer, par les importations, une part de l'approvisionnement en riz à bon marché. A priori, elle devrait être caractérisée par une stagnation des superficies et un faible taux de croissance des rendements, ce qui aurait pour conséquence une faible augmentation de la production. iii) 1985-1994 : c'est la sous période de la crise économique et de la mise en œuvre des programmes d'ajustement structurel. 1985-1994 est aussi la période d'abandon de l'intervention de l'Etat, caractérisée par un dysfonctionnement dans l'encadrement des producteurs et la suppression des subventions directes à la filière. Enfin, entre 1985 et 1994, le prix d'achat au producteur de paddy a baissé de 80 FCFA le kg à 60 FCFA en 1988. Les cours internationaux de cacao et de café ont chuté. La baisse du prix d'achat au kg du riz et celle des cours de cacao et de café ont entraîné une chute des revenus des planteurs. Le faible encadrement des planteurs d'une part et la baisse des revenus d'autre part vont avoir un effet négatif sur la productivité moyenne, et donc sur la production, parce que les producteurs ne pouvaient pas acheter les intrants nécessaires pour intensifier les cultures. iv) 1995-2000 : c'est la sous période post dévaluation. Elle se caractérise par le renchérissement des prix des produits importés, ce qui a permis au riz produit localement de devenir compétitif. Par ailleurs, les cours internationaux des principaux produits d'exportation de la Côte d'Ivoire (cacao et café) avaient connu un changement à la hausse. Cela a eu un effet positif sur le prix d'achat bord champ, entraînant une amélioration des revenus des producteurs qui pouvaient acquérir des intrants modernes pour accroître la productivité moyenne. v) 2001-2008 : cette sous période est celle de la crise militaro-politique caractérisée par la désorganisation des systèmes de production, la dégradation et/ou l'abandon des périmètres irrigués. Cela a un effet négatif sur la production de riz. La hausse des prix du riz sur le marché international en fin 2007 et au milieu de l'année 2008 a relancé l'intérêt de la production nationale. Un programme d'urgence a été adopté et des mesures sont mises en œuvre pour accroître la production nationale afin de substituer les importations. vi) 2008-2017 : Dans cette sous-période, comme cela a été évoqué précédemment, la crise alimentaire de 2008, a été à la base de la mise en place d'une Stratégie Nationale de Développement du Riz qui a fait l'objet d'adoption par le Gouvernement en Juin 2008. Depuis l'avènement du Gouvernement actuel, elle est remplacée par une autre stratégie : la Stratégie Nationale Révisée de Développement de la filière Riz (SNDR) 2012 – 2020.

Cette présente stratégie pilotée par l'Office national de développement de la riziculture (ONDR), est une révision de celle de 2008 pour en corriger les insuffisances afin de répondre effectivement aux objectifs de satisfaction de la totalité de la demande locale de riz par la production nationale, de constitution d'un stock de sécurité et d'exportation du surplus de production. De cette stratégie, notons que la politique commerciale ivoirienne en matière de riz pilotée par l'ONDR, comprend l'appui à la production (prix d'achat garanti aux producteurs, fourniture de semences de qualité, etc.) ; et le soutien aux activités de transformation (investissements publics dans des usines de transformation du paddy en riz blanchi). Par ailleurs, L'augmentation de la production de riz depuis 2010 a été spectaculaire (1 ,206 millions de tonnes de paddy en 2010 contre une moyenne de 600 mille tonnes de paddy annuelle) Cependant, les importations de riz sont à la fois très élevées et très fluctuantes. En effet, selon l'ONDR (2015), elles augmentent de 756681 tonnes de riz blanchi en 2008 à 903847 tonnes de riz blanchi en 2009 ; ensuite, baissent à 855990 tonnes de riz blanchi en 2010 et connaissent une importante envolée avec 1267720 tonnes de riz blanchi en 2012.

LA DEMANDE DE RIZ

Selon le rapport de la SNDR (2012-2020), la consommation de riz a été de 1.547.265 tonnes en 2009 et elle connaît une croissance importante d'année en année. La consommation moyenne nationale de riz est estimée à 63 Kg par habitant et par an alors que les autres produits alimentaires de grande consommation sont à 17 Kg/hbt/an pour le blé et 40 Kg/hbt/an pour le maïs. Il y a un important de taux de progression des importations de riz blanchi (9%) pour répondre à la demande du fait d'un déséquilibre entre le taux de croissance de la production nationale de 4% et le taux de croissance de la consommation de 6%. S'agissant des préférences des consommateurs, elles sont liées au niveau de vie en ce sens que la qualité de grande consommation se situe au niveau du riz qui a 16 à 25% de brisures. Cela s'observe dans le tableau 1 suivant :

Tableau 1. Prix et Pourcentage de chaque qualité du riz dans la consommation

Qualité		2006	2007	2008	2009
Qualité 1	0 à 15% brisures	32 347	34 537	19 752	32 518
	%	4%	4%	3%	4%
	Prix (CFA/T)	381 000	375 000	401 000	439 000
Qualité 2	16 à 25% brisures	579 031	680 381	522 625	656 927
	%	72%	75%	69%	71%
	Prix (CFA/T)	184 000	242 000	292 000	263 000
Qualité 3	plus de 25% brisures	192 211	186 487	214 248	229 635
	%	24%	21%	28%	25%
	Prix (CFA/T)	167 000	189 000	291 000	261 000
TOTAL		803 589	901 405	756 625	919 080

Source : RIZINFO

En ce qui concerne la projection de la demande, elle est liée à la population active, toutes origines confondues et à la consommation moyenne par habitant et par an.

Selon un rapport de la Banque Mondiale (Rapport Spencer 2010), le prix CAF du riz importé en Côte d'Ivoire est environ 60% plus cher que le prix FOB des Pays d'origine alors que la marge réalisée ailleurs dans le Monde est de 15% au maximum. Il y a par conséquent un avantage comparatif certain du riz produit en Côte d'Ivoire sur le riz importé compte tenu de cette situation en Côte d'Ivoire.

Tableau 2. Les Prix FOB origine et CAF du riz importé en Côte d'Ivoire

	Prix FOB Thaïlande 2009	Prix CAF 2009
5% de brisures (USD/T)	555	878
16 à 35% de brisures (USD/T)	332	526
plus de 35% de brisures (USD/T)	330	522

Source : FAO, Banque Mondiale et RIZINFO

Par ailleurs, la tendance à la forte demande de riz s'explique, en plus de la croissance démographique et du fort taux d'urbanisation, par les changements d'habitudes alimentaires favorisés par les avantages du riz en termes de facilité et de rapidité de préparation, comparé aux produits traditionnels. Selon (Aliou D., et al, 2004) : « Elle a été soutenue par la manifeste volonté politique de faire du riz l'aliment de base, à travers les efforts de contrôle et de subventions des prix aux consommateurs qui furent la seule constante de toutes les politiques rizicoles initiées depuis 1960. Cette volonté de satisfaire les besoins du consommateur au moindre coût se fit au détriment des producteurs dont le sort ne fit jamais au centre des préoccupations des décideurs. Ce qui explique d'ailleurs, les multiples changements des politiques qui avaient pour objectif de satisfaire la demande nationale au meilleur coût. » Ainsi, aujourd'hui, la volonté de satisfaire les besoins des consommateurs au moindre coût est toujours affichée comme auparavant par le gouvernement dans sa politique de lutte contre la vie chère, au détriment des producteurs. Cette politique de prix ignore les producteurs locaux de riz puisqu'elle ne concerne que le riz blanc importé. Par ailleurs, avec la mise en œuvre de la SNDR(2012-2020), on devrait s'attendre uniquement à un affermissement de l'incitation productive par la mise à disposition des riziculteurs, des intrants (les semences), et des mesures pour la réduction des coûts des engrais et pesticides utilisés par les producteurs, sans aucune référence à un prix de paddy acceptable par les riziculteurs locaux. Néanmoins, la relance d'une production importante de riz paddy ne peut-elle se faire

sans une garantie d'un prix rémunérateur aux riziculteurs ? La réponse à cette question conduit à nous interroger sur : « quels sont les leviers efficaces d'une politique de régulation du marché du riz blanc domestique ? »

Cette étude tente de répondre à cette dernière question par la construction d'un modèle d'équilibre sectoriel pour cette céréale.

2 OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

2.1 OBJECTIF GÉNÉRAL

Il s'agit d'analyser le marché du riz local en Côte d'Ivoire.

2.2 OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

- Identifier les déterminants de l'offre et de la demande de riz local ;
- Identifier les déterminants du modèle d'équilibre de l'offre et de la demande de riz domestique.

2.3 HYPOTHÈSES DE RECHERCHES

H1 : L'équilibre entre l'offre et la demande de riz blanc ne peut être atteint à cause de la concurrence déloyale du riz importé face au riz blanc local ;

H2 : Le prix est une variable déterminante pour le modèle d'équilibre de l'offre et de la demande de riz domestique.

3 REVUE DE LA LITTÉRATURE

3.1 PRÉSENTATION DES TRAVAUX EMPIRIQUES

Il existe de nombreuses études économétriques sur la demande et l'offre des produits alimentaires, mais celles réalisées sur la demande et l'offre du riz en Afrique ne sont pas nombreuses. Il est présenté ici quelques travaux dont cette étude s'inspire sur le plan théorique, méthodologique et analytique.

Lançon et al (2002) dans leur étude sur la qualité et compétitivité des riz locaux et importés sur les marchés urbains ouest-africains ont montré que la classe de revenus n'est plus un déterminant de la consommation du riz. Selon ces auteurs, le riz est devenu un bien ordinaire largement consommé par presque toutes les couches de la population ouest-africaine. Ils pensent que cette rigidité croissante des comportements des consommateurs urbains ouest-africains par rapport à leur consommation de riz limite la portée des politiques d'ajustement de l'offre à la demande reposant uniquement sur des changements de prix relatifs. Ils estiment que d'autres mécanismes d'ajustement sont à l'œuvre sur le marché et qui limite ces politiques. Les enquêtes faites au Nigeria et en Côte d'Ivoire montrent que le prix n'est qu'un déterminant parmi d'autres dans le choix des citadins entre riz importé et riz local.

Edith Lazaro et al (2017), dans leur étude intitulé « la demande de riz en Tanzanie: une analyse empirique », utilisent la version non linéaire du modèle AIDS pour estimer la demande de céréales en Tanzanie. Leurs résultats montrent que les consommateurs tanzaniens ont une préférence pour les variétés de riz domestiques avec une faible substituabilité entre les variétés de riz domestiques et importées.

Savadogo (1990) a analysé la consommation urbaine au Libéria. Dans son étude il a incorporé 15 groupes de produits, dont les céréales (riz, blé, maïs). Le Système Complet de Demande est retenu pour l'étude ; le modèle économétrique obtenu a été estimé par la méthode des moindres carrés pondérés à partir de données d'enquête de ménage de sept (7) villes du Libéria. Dans le modèle économétrique, l'auteur a intégré des variables sociodémographiques (taille et composition du ménage par sexe et par âge, occupation, urbanisation, éducation et état matrimonial du chef de ménage), comme des variables indépendantes. Dans cette étude le riz est désagrégé en riz produit localement et en riz importé. L'auteur a estimé qu'une telle désagrégation suppose que le riz est un bien qui engendre des comportements préférentiels différents. Les valeurs de R^2 observé ont été faibles pour les produits alimentaires étudiés. Selon l'auteur cette faiblesse de R^2 se justifie par le fait que c'est un fait typique pour des estimations utilisant des données en coupe que d'avoir des R^2 petit ; car, citant Timmer et al (1983), il affirme que des variables structurelles causant des modifications dans le comportement du consommateur ne sont pas prises en compte. Au terme de l'étude, l'auteur conclut qu'il y'a une différenciation entre le riz local et le riz importé en matière de préférence des consommateurs.

Savado et Brandt (1988) ont analysé la demande alimentaire au Burkina Faso. Les données utilisées dans l'analyse proviennent d'une enquête de ménage de septembre 1982 à août 1983. Le système de demande AIDS est utilisé pour l'estimation avec incorporation des variables socio-économiques comme variables indépendantes. Le modèle économétrique obtenu est estimé par la méthode des moindres carrés ordinaire. L'estimation a concerné six groupes de biens dont les céréales produites localement et celles importées (blé, riz). Les résultats de l'estimation ont montré que l'effet prix croisé entre les céréales produites localement et celle importée est négatif (mais non significatif à 5 %) ; ce qui implique plus une complémentarité qu'une substitution entre les deux biens. Le modèle a indiqué que les prix et le revenu et les variables démographiques affectent le comportement des consommateurs.

Ravelosoa, et al (1999) ont estimé des élasticités de demande à Madagascar à partir du modèle AIDS. Ils ont utilisé des données en coupe transversale. L'enquête couvrait un échantillon de 4508 ménages stratifié de façon à fournir une représentativité nationale, avec distinction entre les zones urbaines et rurales. Le modèle est estimé par la méthode de triple moindre carré ordinaire avec ajustement d'Heckman. D'après les résultats de l'estimation, le riz est un aliment de base au Madagascar avec une élasticité-revenu inférieure à 1, ce qui signifie que le riz est un bien normal à Madagascar. Par ailleurs, l'analyse de l'élasticité-revenu a montré qu'à travers les types de ménages le comportement varie nettement. À Madagascar, plus on est riche moins on augmente la consommation du riz à partir des revenus marginaux. Auprès des ménages les plus pauvres, une hausse de revenu de 1 % augmentera leurs consommations en riz de 0,8 % ; auprès des ménages urbains moyens, seulement 0,2 % et parmi les très riches c'est zéro. C'est-à-dire que les riches mangent autre chose que le riz lorsque leur revenu monte. L'élasticité prix propre du riz se situe entre -0,5 et -0,7 sauf dans le sud du pays où il atteint le niveau de -1,5. Cela signifie qu'à part le sud du pays, une hausse de 1 % du prix du riz se transmet par une baisse de -0,5 % à -0,7 % de la consommation en riz selon le groupe de ménage. Les fluctuations du prix du riz qui a une part budgétaire de 26 % induisent non seulement les effets de substitution, mais aussi de très forts effets sur le revenu réel des ménages. Ses élasticités prix croisées s'évaluent à 0,4 en valeurs absolues. Cet impact s'observe surtout avec les aliments de base pour lesquels les élasticités prix croisées prévoient qu'un changement de 1 % du prix de riz changera la consommation de ces aliments de base entre 0,3 % et 1,7 %. Le prix de riz influe notamment sur le niveau de consommation du maïs, des cultures industrielles, du manioc, des autres tubercules, des légumineuses et des légumes.

Dans le cas du maïs une hausse de 100 % du prix du riz va faire décroître de 77 % sa consommation, mais fera augmenter de 164 % celle du maïs et autres céréales.

Robilliard (1998) a estimé l'offre de riz des ménages agricoles malgaches à partir des données d'enquêtes transversales. La fonction de production de Cobb-Douglas sous l'hypothèse de fixité des facteurs qui a servi à la modélisation a été estimée par la méthode des moindres carrés ordinaire. Les résultats ont montré que l'élasticité prix de court terme variant entre 0,1 et 0,17 selon les méthodes d'estimation. Pour l'auteur, l'interprétation du coefficient du prix du riz dans l'estimation d'une fonction d'offre avec des données en coupe transversale pose un problème du fait de l'origine de sa variabilité. Une grande partie de la variabilité correspond en effet à des fluctuations saisonnières : les prix du riz au Madagascar sont typiquement peu élevés au moment de la récolte, tandis qu'ils augmentent fortement au moment de la soudure. Ainsi, les ménages ayant la capacité financière et physique de stocker du riz au-delà de la récolte peuvent donc obtenir des prix plus élevés. Ces ménages étant généralement les plus gros producteurs, le lien entre capacité de stockage et prix obtenu pourrait conduire à surestimer l'élasticité prix de l'offre.

3.2 CRITIQUES DES TRAVAUX EMPIRIQUES ET CHOIX DU MODÈLE D'ÉTUDE

Ces travaux empiriques portent sur l'analyse le long des fonctions d'offre et de demande du riz mais n'aborde pas le point particulier d'équilibre de l'offre et de la demande. En ce point d'équilibre de marché, l'offre et la demande sont confondues, et sont simultanément influencées par les mêmes variables de décisions.

Nous corrigeons cette insuffisance d'analyse par la définition d'un modèle d'équilibre partiel basé sur le point d'équilibre entre l'offre et la demande du riz en Côte d'Ivoire.

4 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

4.1 FONCTION DE DEMANDE

4.1.1 CADRE THÉORIQUE

Dans le cadre usuel de la théorie néoclassique de la demande, les ménages ou consommateurs finaux se procurent le panier de biens de consommation qui maximisent leurs préférences, étant donné leur revenu disponible à la consommation et les

prix de ces biens. La structure des préférences peut être représentée par une fonction d'utilité. Dans ce cas, le problème des ménages s'écrit de la façon suivante :

$$\text{Max } U(q), \text{ s/c } pq \leq R, \quad (4.1.1.1)$$

$U(q)$ est la fonction d'utilité, q le vecteur des quantités de biens consommés, p le vecteur des prix des biens et R le revenu disponible à la consommation. La résolution d'un tel programme définit alors un système complet de fonctions de demande pour les différents biens de consommation. Les fonctions de demande (marshallienne ou non compensée) des biens de consommation dépendent des prix des biens, du revenu disponible à la consommation et des préférences des ménages :

$$q^* = g(p, R) \quad (4.1.1.2)$$

La structure des préférences des ménages peut également être représentée par la fonction d'utilité indirecte qui mesure l'utilité maximale en fonction du niveau des prix des biens et du revenu.

La fonction d'utilité u du consommateur est spécifiée comme suit :

$$u = u(q_I, q_{AP}) \quad (4.1.1.3)$$

Avec q_I le vecteur de quantités de riz, et q_{AP} le vecteur des autres produits consommés.

La fonction de demande de riz issue du programme de maximisation de la fonction (4.1.1.3) sous la contrainte du budget total $y = y_I + y_{AP}$ est donnée par la relation suivante :

$$q_I = q_I(p_I, p_{AP}, y) \quad (4.1.1.4)$$

En supposant que le riz est faiblement séparable des autres produits AP consommés, l'équation (4.1.1.3) peut s'écrire comme suit :

$$u = u(u_I(q_I), u_{AP}(q_{AP})) \quad (4.1.1.5)$$

L'hypothèse de séparabilité faible permet d'envisager un second stade de budgétisation selon lequel le consommateur décide d'allouer son revenu y à la consommation du riz I et à la consommation des autres produits. La fonction de demande du riz issue de la maximisation de (4.1.1.5) sous la contrainte de y_I est alors spécifiée comme suit : $q_I = q_I(p_I, y_I)$ (4.1.1.6)

4.1.2 CHOIX DE LA FORME FONCTIONNELLE DU MODÈLE

Le modèle flexible AIDS (*Almost Idéal Demand System*) fréquemment utilisé dans la littérature de la demande des biens de consommation est choisi pour la modélisation empirique de la demande de riz produit localement en Côte d'Ivoire.

Le modèle AIDS est spécifié comme suit :

$$w_i = \alpha_i + \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i \log \left(\frac{Y_I}{P} \right) + u_i, i = 1 \dots n \quad (4.1.2.1)$$

Où :

w_i est la part budgétaire consacrée au bien i ;

p_j est le prix du bien j ;

Y_I est la dépense totale consacrée au riz ;

u_i est le terme d'erreur ;

$\alpha_i, \gamma_{ij}, \beta_i$ sont des paramètres à estimer ;

P est l'indice de prix translog défini par :

$$\log P = \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i \log p_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \log p_i \log p_j \quad (4.1.2.2)$$

Cet indice de prix rend le système non linéaire, ce qui normalement complique le processus d'estimation. C'est ainsi que Deaton et Meulbauer (1980), suggère l'utilisation d'un autre indice de prix. Il s'agit de l'indice de prix de Stone qui est utilisé pour remplacer l'indice de prix translog. Il est défini comme suit :

$$\log P^* = \sum_{i=1}^n w_i \log p_i \quad (4.1.2.3)$$

Les équations (1) et (3) donne :

$$w_i = \alpha_i + \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i \log \left(\frac{Y_I}{P^*} \right) + u_i \quad (4.1.2.4)$$

Où $\frac{y_i}{p^*}$ est le revenu réel des consommateurs du riz.

Pour être en adéquation avec la théorie économique, les paramètres estimés du modèle AIDS doivent satisfaire les restrictions ci-après :

Additivité $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$; $\sum_{i=1}^n \beta_i = 0$; $\sum_{i=1}^n \gamma_{ij} = 0$

Homogénéité de degré 0 : $\sum_{j=1}^n \gamma_{ij} = 0$

Symétrie : $\gamma_{ij} = \gamma_{ji} \quad i \neq j$

L'avantage du modèle AIDS est que les restrictions d'homogénéité et de symétrie sont généralement imposées et testées (Wadud, 2006).

4.2 FONCTION D'OFFRE

4.2.1 CADRE THÉORIQUE

Sur le plan théorique, cette recherche s'appuie sur la théorie de la firme pour dériver la fonction d'offre du riz local. Cette théorie stipule que le producteur tend à maximiser son profit économique, c'est-à-dire la différence entre le revenu reçu par l'entrepreneur (producteur) et tous les coûts supportés (Goffin, 1993).

Les revenus et les coûts dépendent des activités de l'entreprise ; qui peuvent être des activités de production courante, l'acquisition des facteurs de production, la publicité, etc.

En supposant que la technologie du producteur est une fonction de production, $f(q, x, z)$, fonction dans laquelle q est le vecteur de variables de quantités produites, x est le vecteur de variables de quantités d'intrants et z le vecteur des facteurs fixes. Les facteurs variables sont généralement la main-d'œuvre, les engrais, les semences, les pesticides... Quant aux facteurs fixes, ils peuvent être la terre, les équipements, les infrastructures, les services de vulgarisation, le climat, l'accès au marché (Tannon, 2004).

Si w est le coût total des intrants et p le prix du produit, le profit π du producteur est :

$$\pi = pq^* - wx^* \quad (4.2.1.1)$$

(*) indique la transposition de vecteur.

Le profit ainsi calculé est un profit « restreint », car seuls les coûts des facteurs variables sont déduits des recettes totales.

Le producteur est sensé choisir la combinaison des quantités d'intrants à utiliser et des quantités de bien à produire qui maximise son profit étant donné son niveau de technologie.

$$\text{Max } \pi = pq^* - wx^* \text{ s/c } f(q, x, z) = 0 \quad (4.2.1.2)$$

La solution à ce problème de maximisation est un système composé des fonctions d'offre de produit et de demande d'intrants comme suit :

$$x^* = x(p, w, z) \text{ et } q^* = q(p, w, z) \quad (4.2.1.3)$$

En substituant ces expressions dans la définition du profit, l'on obtient, une fonction de profit, qui est le profit maximum que peut obtenir le producteur étant donné le niveau de prix w et p ; des facteurs fixes disponibles z ; et la technologie de production :

$$\pi = pq(p, w, z) - wx(p, w, z) = \pi(p; w; z) \quad (4.2.1.4)$$

Il existe une correspondance unique entre la fonction de production et la fonction de profit. Toutefois, cette correspondance ne peut pas toujours être établie analytiquement (Sadouet et de Janvry, 1995).

Selon Tannon (2004), le concept de la fonction de profit dans la détermination de la réponse de l'offre, bien que rigoureuse, parce que respectueux de la théorie économique, comporte quelques difficultés. Selon cet auteur, il n'est pas possible de déterminer la fonction de profit des producteurs, car les données pour y arriver sont difficiles à obtenir ; surtout dans les pays en développement. Aussi poursuit-il, dans l'usage de ce concept, les mécanismes de la formation des attentes des prix et de l'ajustement partiel de la production ne sont pas suffisamment prises en compte.

Les agents producteurs n'ont pas nécessairement des comportements synchroniques, mais retardés (Koffi-Tessio, 1997).

Le cadre dynamique est donc celui approprié pour analyser ces comportements. A cet effet, plusieurs modèles peuvent être déterminés (exemple : le modèle d'anticipation adaptative), mais pour les besoins de notre analyse, nous présentons

uniquement le modèle d'ajustement partiel sur lequel se base essentiellement la forme fonctionnelle de notre modèle d'offre de riz paddy.

4.2.2 MODÈLE D'AJUSTEMENT PARTIEL

Selon Koffi-Tessio (1997), la rigidité des institutions ou des structures ne permet pas à l'offre désirée de se réaliser en une seule période. Ainsi, l'offre peut être formulée de la manière suivante :

$$y^D = a_0 + a_1x_t + e_t \quad (4.2.2.1)$$

Où :

y^D est l'offre désirée au temps t et x_t est la variable explicative de l'offre au temps t , a_0 et a_1 les paramètres estimés et e_t le terme de l'erreur. Comme y^D n'est pas connu, l'équation ne peut être estimée par la méthode des Moindres Carrés Ordinaire (MCO). En revanche, y_{t-1} (offre observée) est connue ; une relation peut donc être spécifiée entre y_t et y_{t-1} telle que :

$$y_t - y_{t-1} = \lambda(y^D - y_{t-1}) + e_t, 0 < \lambda < 1 \quad (4.2.2.2)$$

Où :

λ est le coefficient d'ajustement.

Par substitution de (1) dans (2) on obtient un modèle simplifié de Koyck de la manière suivante :

$$y_t = (1 - \lambda)y_{t-1} + \lambda a_0 + \lambda a_1x_t + \lambda e_t$$

Où : $y_t = by_{t-1} + C_0 + C_1x_t + V_t$

Avec : $b = (1 - \lambda)$

$$C_0 = \lambda a_0$$

$$C_1 = \lambda a_1$$

L'équation peut donc être estimée par la méthode des MCO.

4.2.3 CHOIX DE LA FORME FONCTIONNELLE DU MODÈLE

Dans cette étude l'hypothèse d'ajustement partiel est admise, puisque le niveau de production souhaité par le producteur ne peut être atteint au cours d'une seule période. Selon Koffi-Tessio (1997), certaines contraintes techniques comme le manque de main-d'oeuvre ou la possibilité de se procurer des semences et des engrais peuvent limiter la réaction du producteur en cas de hausse des prix et de l'empêcher de réaliser son objectif initial de production. Cette hypothèse est soutenue par la permanence de pénurie d'engrais et de semences, que font face la plupart des riziculteurs. En effet, à chaque début de campagne rizicole les riziculteurs sont toujours confrontés à une pénurie d'engrais et de semence de riz, limitant ainsi leur objectif de production.

Pour spécifier cette hypothèse, la fonction d'offre de riz est basée sur le modèle de Nerlove. Ce modèle comme le note Koffi-Tessio (1997) est le plus performant et le plus fréquemment utilisé pour estimer la fonction d'offre des produits dans le secteur agricole. Aussi, tient-il compte des dynamiques d'anticipation adaptative et d'ajustement partiel (Sadoulet et Janvry, op. cit.).

La forme générale du modèle de Nerlove est spécifiée comme suit :

$$y_t^D = a + bP_t + cZ_t + e_t \quad (4.2.3.1)$$

où :

y_t^D est l'offre espérée au temps t ;

P_t est le prix au temps t ;

Z_t regroupe d'autres variables influençant l'offre au temps t ;

e_t est l'erreur de spécification.

La forme la plus employée pour exprimer l'hypothèse d'ajustement partiel s'écrit :

$$y_t - y_{t-1} = \sigma(y^D - y_{t-1}), 0 < \sigma < 1 \quad (4.2.3.2)$$

Où σ est le coefficient d'ajustement partiel.

Il découle des expressions (1) et (2) que :

$$y_t = \sigma a_0 + \sigma a_1 P_t + (1 - \sigma)y_{t-1} + \sigma Z_t + \mu_t \quad (4.2.3.3)$$

Pour $\alpha = \sigma a_1$, $\beta = \sigma$, $\gamma = (1 - \sigma)$, l'expression peut s'écrire :

$$y_t = \sigma a_0 + \alpha P_t + \gamma y_{t-1} + \beta Z_t + \mu_t \quad (4.2.3.4)$$

En exprimant les variables du modèle en logarithmes, les coefficients des variables explicatives s'interprètent comme des élasticités. Dans ce cas α et β sont les élasticités de court terme.

Pour ajuster la fonction d'offre, une variable muette a été ajoutée en vue de prendre en compte la crise militaro-politique de 2002 à 2010. Donc, cette variable prend la valeur 0 avant 2002 et de 2011 à 2015, et, celle de 1 entre 2002 et 2010.

4.2.4 SPÉCIFICATION DU MODÈLE EMPIRIQUE

La formule empirique du modèle d'offre est spécifiée comme suit :

$$\log Qpad_t = a_0 + a_1 \log Ppad_t + a_2 \log eng_t + a_3 \log Plv_t + a_4 \log Qpad_{t-1} + a_5 w_{rlt} + a_6 w_{rlt-1} + a_7 \log P_{rl} + \emptyset + \mu_t$$

Où :

$\log Qpad_t$ = offre du riz paddy au temps t (exprimée en logarithme) ;

$\log Ppad_t$ = prix réel aux producteurs de riz paddy (exprimée en logarithme) ;

$\log eng_t$ = consommation d'engrais sur les superficies rizicoles (exprimée en logarithme) ;

$\log Plv_t$ = pluviométrie moyenne annuelle (exprimée en logarithme) ;

$\log Qpad_{t-1}$ = offre retardée du riz paddy (exprimée en logarithme) ;

$\log P_{rl}$ = prix réel du riz blanc local (exprimée en logarithme) ;

w_{rlt} = la part budgétaire consacrée à la consommation de riz blanc local ;

w_{rlt-1} = variable retardée de la part budgétaire consacrée à la consommation de riz blanc local ;

$\emptyset$ = variable muette indiquant la crise militaro-politique au temps t

μ_t = erreur de spécification du modèle d'offre au temps t

4.3 FORMALISATION DU MODÈLE D'ÉQUILIBRE PARTIEL

$$\begin{cases} w_{rl} = \alpha_0 + \alpha_1 \log P_{rl} + \alpha_2 \log P_{ri} + \alpha_3 \log \left(\frac{y_l}{p^*} \right) + u_t \\ \log Qpad_t = a_0 + a_1 \log Ppad_t + a_2 \log eng_t + a_3 \log Plv_t + a_4 \log Qpad_{t-1} + a_5 w_{rlt} + a_6 w_{rlt-1} + a_7 \log P_{rl} + \emptyset + \mu_t \\ w_{rl} = \log Qpad_t \end{cases}$$

4.4 COLLECTE DES DONNÉES

Les données utilisées sont des séries chronologiques qui couvrent la période de commercialisation de 1995 à 2015.

Pour calculer les variables du modèle LA/AIDS et réaliser les estimations d'offre agricole, les données utilisées proviennent de différentes sources qui sont essentiellement : FAOStat, CountryStat, les annuaires statistiques de la BCEAO, l'Institut National de la Statistique (INS), le site officiel du Ministère de l'Industrie et du Commerce, les annuaires du Ministère de l'Agriculture. Les données collectées concernent les quantités de riz importé, la production de riz paddy, la production de riz local décortiqué, les données annuelles des prix du marché correspondants, la consommation d'engrais sur les superficies rizicoles et la pluviométrie moyenne annuelle. Le contenu de ces données est disponible dans la partie ANNEXE de ce document.

5 RÉSULTATS EMPIRIQUES

5.1 POUR LA DEMANDE DE RIZ BLANC LOCAL

5.1.1 TEST DE STATIONNARITÉ

Tableau 3. Test de racine unitaire de Ducker-Fuller Augmenté (modèle avec constante)

	En niveau			En différence		
Variables	Nombre de retards	ADF	Valeur critique (5%)	Nombre de retards	ADF	Valeur critique (5%)
Log(Pri)	0	-0,65	-3,02	0	-3,67	-3,03
Log(Prl)	0	-0,85	-3,02	0	-5,81	-3,03
Log(Y/P*)	0	-0,38	-3,02	0	-5,15	-3,03

Les résultats du test montrent que toutes les variables sont non stationnaires en niveau puisque toutes les statistiques ADF sont supérieures aux valeurs critiques correspondantes à 5% ; alors qu'en différence l'on remarque que ces statistiques sont inférieures aux valeurs critiques correspondant à 5%. Ainsi, toutes les variables sont intégrées d'ordre 1.

Les variables étant intégrées de même ordre, le test de cointégration sera effectué pour vérifier l'existence ou non d'une relation d'équilibre de long terme entre ces variables.

5.1.2 TEST DE COINTÉGRATION

L'approche utilisée pour tester la cointégration est celle de Granger et Engle. Cette approche veut que les variables soient d'abord de même niveau d'intégration. Les variables répondent à cette condition, car elles sont toutes intégrées d'ordre 1. L'on peut passer à l'étape suivante qui consiste à régresser, par la méthode des Moindres Carrés Ordinaires (MCO), la combinaison linéaire des variables du modèle. L'estimation étant faite, on récupère les résidus du modèle et on teste leurs stationnarités. S'ils sont stationnaires, on conclut qu'il existe une relation stable de long terme entre les variables.

La relation de cointégration qui a servi au test de l'ADF est représentée dans le tableau 4 suivant :

Tableau 4. Test de stationnarité des résidus de la relation de long terme

Résidu de :	Nombre de retards	ADF	Valeur critique (5%)
Wrl sur Log(Prl), Log(Pri), Log(Y/P*)	0	-2,22	-3,02

Le tableau 4 montre que la statistique de l'ADF est supérieure à la valeur critique à 5%, les résidus ne sont pas intégrés d'ordre 0, c'est-à-dire non stationnaires. Il n'existe donc pas une relation stable de long terme entre les variables.

La demande de riz en Côte d'Ivoire sera donc estimée en considérant les relations de court terme à partir du Modèle à Correction d'Erreurs (MCE).

5.1.3 MODÈLE À CORRECTION D'ERREURS

Nos données brutes ici corroborent la thèse de (Nelson et Plosser, 1982) qui ont affirmé que la plupart des données temporelles macroéconomiques sont des réalisations de processus non stationnaires. Ce qui implique que les méthodes habituelles d'estimation et d'inférence (moindres carrés ordinaires, test de Student, test de Fisher etc.) ne peuvent être appliquées directement. Ainsi, pour la représentation du modèle, nous optons pour la forme à correction d'erreurs qui a plusieurs avantages. Premièrement, elle n'est pas sujette aux problèmes de régressions fallacieuses puisque toutes les variables du modèle sont stationnaires (Banerjee et al. 1993). Deuxièmement, elle permet de distinguer clairement entre les élasticités de court terme et de long terme puisque les différences premières et les niveaux des variables interviennent explicitement dans le modèle.

En outre, notons que l'estimation du MCE porte sur des variables calculées en différence. Dans le cas de cette étude, les variables sont en différence seconde parce qu'en différence première, le coefficient de l'erreur du déséquilibre n'est pas significativement différent de zéro. (confère le point 5.2.2)

Le MCE est formulé de la manière suivante :

$$\Delta y_t = \alpha \Delta x_t + \gamma e_{t-1} \text{ où :}$$

α est l'impact immédiat ou du court terme de Δx_t sur Δy_t

γ est l'ampleur de l'ajustement de Δy_t par rapport au déséquilibre observé de la période antérieure entre y et x .

e_{t-1} est l'erreur de déséquilibre ou l'ampleur de l'écart par rapport à l'équilibre.

L'estimation du modèle à correction d'erreur est présentée dans le tableau 5 suivant :

Tableau 5. Résultat de l'estimation du modèle à correction d'erreur (modèle de court terme)

Variables	Riz local blanc	
	Coefficient	Std.Error
$\Delta_2 \text{Log}(Y/P^*)$	-0,36 (-1,75)	0,21
$\Delta_2 \text{Log}(Pr_l)$	0,53** (2,46)	0,21
$\Delta_2 \text{Log}(Pri)$	-0,34 (-0,74)	0,45
e_{t-1}	-0,79** (-3,03)	0,26
R_a^2	0,54	
DW	1,22	

* * Significativité à 5%, les t-statistiques sont entre parenthèses.

Le modèle à correction d'erreur est validé puisque le coefficient de l'erreur du déséquilibre est significativement différent de 0 et négatif. Il correspond à la force de rappel.

Le modèle à correction d'erreur stipulant que y_t doit diminuer pour retourner à sa valeur d'équilibre, il est donc supposé que la demande du riz local baisse à la vitesse de 0,79 kg par habitant pour retourner à l'équilibre de long terme obtenu en différence première de nos variables. Sur la base des conditions de cet équilibre, notons qu'ici le riz local est ici un bien de luxe car le paramètre de son prix (0,53) est significatif à 5% et positif.

5.2 POUR L'OFFRE DE RIZ LOCAL BLANC

5.2.1 MODÈLE À CORRECTION D'ERREURS

Les variables de la fonction d'offre ayant des comportements presque similaires à celles de la fonction demande, le MCE sera déterminé sous contrainte d'une différence seconde des variables.

L'estimation du modèle à correction d'erreur est présentée dans le tableau 6 suivant.

Tableau 6. Résultat de l'estimation du modèle à correction d'erreur (modèle de court terme)

Variables	Riz paddy local	
	Coefficient	Std.Error
$\Delta_2 \log Ppad_t$	0,01 (0,04)	0,26
$\Delta_2 \log Plv_t$	0,27** (2,9)	0,09
$\Delta_2 \log eng_t$	-0,07* (-1,89)	0,03
$\Delta_2 \log(Prl)$	-0,37 (-0,92)	0,40
$\Delta_2 Wrl$	0,9** (3,51)	0,26
$\Delta_2 Wrl(-1)$	0,24 (1,07)	0,22
$\emptyset$	0,003 (0,09)	0,03
$\Delta_2 \log Qpad_t (-1)$	0,22 (0,64)	0,34
e_{t-1}	-1,36** (-2,95)	0,46
R_a^2	0,54	
DW	1,82	

** Significativité à 5%, * Significativité à 10%, les t-statistiques sont entre parenthèses.

Suivant ce tableau précédent, le modèle à correction d'erreur est validé puisque le coefficient de l'erreur du déséquilibre est à la fois négatif et significativement différent de 0. Il correspond à la force de rappel. De plus, le modèle est stable dans le temps puisque le coefficient de la variable retardée estimée à 0,22 est inférieur à l'unité. Toutes les variables exogènes considérées expliquent l'offre du riz local à 54 %.

Le coefficient d'ajustement évalué à 0,78 montre une capacité très faible d'ajustement du secteur rizicole. Ainsi, les nouvelles productions sont très inférieures à celles désirées par les riziculteurs. En effet, plusieurs facteurs interviennent pour limiter les objectifs de production rizicole en Côte d'Ivoire. Ces facteurs sont essentiellement d'ordre économique, puisque l'inexistence de crédit dans la filière ne permet pas aux producteurs de faire face à leurs dépenses d'exploitation que sont surtout les dépenses d'acquisition d'intrants (engrais, semences améliorées, etc.). Aussi, le résultat de l'estimation montre que les producteurs ne tiennent-ils pas compte de la production antérieure pour ajuster leur production actuelle, puisque le coefficient de la variable retardée de l'offre n'est pas significatif. Par ailleurs, il est à remarquer que les élasticités de l'offre de riz par rapport aux prix au producteur et au prix du riz local blanc évaluées respectivement à 0,01 et -0,37 sont inférieures en valeur absolue à l'unité et ne sont pas significatives au seuil de 5%, ce qui montre que l'offre de riz par rapport aux prix au producteur et au prix du riz local blanc est inélastique et confirme l'hypothèse selon laquelle les facteurs prix influencent très peu l'offre de riz en Côte d'Ivoire. En effet, de nombreux autres facteurs interagissent en priorité sur la production avant que ce ne soit le caractère incitatif du prix (Combe 1999).

Cependant, les résultats montrent une forte variation de l'offre de riz paddy par rapport à la pluviométrie et au revenu réel des consommateurs de riz, les élasticités étant évaluées respectivement à 0,27 et 0,9. Ainsi, une augmentation dans les niveaux de pluies de 1% induira l'amélioration des rendements de l'ordre de 0,21 %. C'est dire que l'offre de riz en Côte d'Ivoire est encore très dépendante de la pluviométrie. Aussi, une augmentation de 1% du revenu réel induira l'amélioration des rendements de l'ordre de 0,9 %. Ce qui traduit une amélioration de la condition financière du paysan qui peut alors s'offrir tous les intrants nécessaires pour accroître son rendement.

Nos résultats indiquent aussi que l'offre de paddy baisse avec la consommation d'engrais (l'élasticité = -0,07). C'est un résultat surprenant qui peut s'expliquer par la mauvaise utilisation de l'engrais par les paysans dans le sens du non respect des normes de quantités préconisées par les structures spécialisées sur les parcelles rizicoles.

5.3 ANALYSE DU MODÈLE D'ÉQUATIONS SIMULTANÉES

L'objectif de ce travail était d'orienter notre examen sur le point d'équilibre de l'offre et de la demande de riz local. Cela nous a conduit dans premier temps, à représenter la situation du marché du riz par des MCE qui ont donné de bons résultats. A la suite de ceux-ci, nous réalisons des estimations sur la base du point de confrontation de l'offre et de la demande dans le court terme.

Pour analyser et caractériser l'équilibre du marché du riz domestique, le modèle d'équilibre est basé sur le groupe de variables instrumentales suivantes : le revenu réel des consommateurs du riz [$\text{Log}(Y/P^*)$], le prix du riz blanc importé [$\text{Log}(\text{Pri})$], la part budgétaire consacrée au riz local retardé [$\text{Wrl}(-1)$], le prix du riz paddy [$\text{Log}(\text{Ppad})$], la consommation d'engrais [$\text{Log}(\text{eng})$], la moyenne pluviométrique [$\text{Log}(\text{Plv})$], l'offre du riz paddy retardé [$\text{Log}(\text{Qpad})(-1)$], les variables e_{t-1} des MCE de l'offre et de la demande et la variable dummy [$\emptyset$].

L'estimation avec la méthode des Doubles moindres carrés est présentée dans les tableaux 7 et 8 suivants :

5.3.1 POUR LA DEMANDE DE RIZ BLANC LOCAL

Tableau 7. Method: Two-Stage Least Squares

Variables	Riz local blanc	
	Coefficient	Std.Error
C	0,01 (0,41)	0,02
$\Delta_2 \text{Log}(Y/P^*)$	-0,32* (-1,84)	0,18
$\Delta_2 \text{Log}(\text{Pri})$	0,49** (2,58)	0,19
$\Delta_2 \text{Log}(\text{Ppad})$	-0,38 (-0,99)	0,38
e_{t-1}	-0,68** (-3,05)	0,22
R_a^2	0,68	
DW	1,83	

* * Significativité à 5%, * Significativité à 10%, les t-statistiques sont entre parenthèses.

Instrument spécification: $\Delta_2 \log \text{eng}_t$; $\Delta_2 \log \text{Plv}_t$; $\Delta_2 \log \text{Ppad}_t$; $\Delta_2 \text{Wrl}(-1)$;

$\Delta_2 \log \text{Qpad}_t(-1)$; $\Delta_2 \log(\text{Pri})$; $\Delta_2 \log(Y/P^*)$; $\emptyset$;

e_{t-1} (Offre); e_{t-1} (Demande).

5.3.2 POUR L'OFFRE DE RIZ EN CÔTE D'IVOIRE

Tableau 8. Method: Two-Stage Least Squares

Variables	Riz paddy local	
	Coefficient	Std.Error
C	-0,002 (-0,11)	0,02
$\Delta_2 \log \text{Ppad}_t$	0,03 (0,08)	0,32
$\Delta_2 \log \text{Plv}_t$	0,28** (2,69)	0,10
$\Delta_2 \log \text{eng}_t$	-0,07 (-1,82)	0,04
$\Delta_2 \log(\text{PrI})$	-0,40 (-0,74)	0,54
$\Delta_2 \text{Wrl}$	0,9** (3,14)	0,29
$\Delta_2 \text{Wrl}(-1)$	0,25 (1,06)	0,23
$\emptyset$	0,003 (0,08)	0,03
$\Delta_2 \log \text{Qpad}_t (-1)$	0,20 (0,50)	0,39
e_{t-1}	-1,34** (-2,84)	0,47
R_a^2	0,78	
DW	1,82	

** Significativité à 5%, * Significativité à 10%, les t-statistiques sont entre parenthèses.

Instrument spécification: $\Delta_2 \log \text{eng}_t$; $\Delta_2 \log \text{Plv}_t$; $\Delta_2 \log \text{Ppad}_t$; $\Delta_2 \text{Wrl}(-1)$;

$\Delta_2 \log \text{Qpad}_t (-1)$; $\Delta_2 \log(\text{Pri})$; $\Delta_2 \log(Y/P^*)$; $\emptyset$;

e_{t-1} (Offre); e_{t-1} (Demande).

La priorité de cette section étant le point de concours des fonctions d'offre et de demande riz, ce sont seulement les variables $\Delta_2 \log(\text{PrL})$ et e_{t-1} qui feront l'objet d'interprétations à cause de leur qualité de variables d'intérêts dans le cadre du point d'équilibre de l'offre et de la demande de riz. Ainsi, le modèle d'équilibre des 2 MCE est validé parce que les e_{t-1} sont négatifs et significativement différents de 0. Par ailleurs, sur la base de ces 2 précédents tableaux, au seuil de 5% et 10%, le prix du riz blanc $\Delta_2 \log(\text{PrL})$ n'influence pas de manière significative, les quantités offertes et demandées à l'équilibre, toute chose égale par ailleurs. Les probabilités associées aux coefficients Prix, égale à respectivement 0,48 et 0,02 pour l'équation d'offre et de la demande ne sont pas simultanément significatifs au seuil de 5%.

Ce résultat nous permet de rejeter l'hypothèse **H2**. Clairement, cela veut dire que la variation de l'offre et de la demande à l'équilibre ne sont pas soumises aux variations de prix. Une politique de régulation de ce marché par le prix serait inefficace, et ne permettrait pas d'agir sur la quantité à offrir et demander pour tirer profit de ce niveau de prix. Ce résultat souligne aussi que, l'équilibre de ce marché est loin d'être réalisé. Autrement, il y a une défaillance entre offre et demande de ce produit, pour envisager l'équilibre. En Côte d'Ivoire, le marché de riz est soumis aux effets des politiques d'importation, avec une politique de prix totalement déloyale et qui empêche de rentabiliser la culture locale des producteurs. Ainsi, nous rejetons l'hypothèse **H1**.

De tout ce qui précède, le contrôle et la réglementation du marché seraient très importants pour favoriser l'offre, au dépend de l'importation, et impulser la demande. Ce qui permettra à court et long terme d'améliorer le surplus des producteurs, le surplus des consommateurs et l'avantage collectif.

6 CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS

6.1 CONCLUSION GÉNÉRALE

Cette étude a abouti à des résultats importants qui permettent de tirer les conclusions ci-après autant sur le plan empirique que méthodologique.

6.1.1 SUR LE PLAN EMPIRIQUE

L'analyse de la demande de riz en Côte d'Ivoire montre qu'à court terme, celle-ci baisse à la vitesse de 0,79 kg par habitant pour retourner à l'équilibre de long terme obtenu en différence première de nos variables.

L'analyse de l'offre du riz local est basée sur une démarche méthodologique qui tient compte des spécificités des cultures vivrières et revêt la particularité de s'inspirer des spécifications proposées par Nerlove (1958) et du modèle à correction d'erreurs. Elle s'appuie sur les préférences d'ajustement partiel. Malgré les limites liées à la disponibilité et la qualité des données statistiques utilisées dans notre travail, l'estimation des différentes équations a permis d'aboutir à des résultats significatifs.

Il ressort de cette analyse un ajustement modéré de l'offre de paddy en Côte d'Ivoire, c'est-à-dire que l'offre réelle est très faible par rapport à celle désirée par les producteurs. L'analyse au niveau des élasticités révèle que la réponse de l'offre du paddy aux variables prix est inélastique. Ce résultat est conforme à celle d'autres études portant sur la modélisation de l'offre dans les pays en développement en général et en particulier en Afrique où bien souvent de nombreux autres facteurs interagissent en priorité sur la production avant que ce ne soit le caractère incitatif des prix (Combe, 1999 ; Koffi Tessio, 1997).

Par ailleurs, les résultats de l'étude montrent que l'équilibre du marché du riz domestique est loin d'être atteint faute de défaillance de l'offre ou de la demande. Il est alors impérieux de redéfinir les champs d'intervention, principalement par les prix, qui sont les seules variables qui influencent de manière significative l'équilibre des différents marchés.

6.1.2 SUR LE PLAN DE LA DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

La modélisation de la demande du riz par l'utilisation de la théorie de maximisation de l'utilité au deuxième stade suppose l'hypothèse de séparabilité faible entre le riz importé ou local et les autres produits consommés. Cette hypothèse est forte parce qu'elle exclut les relations avérées entre le riz importé et le riz local d'une part et entre ces produits, et les autres produits alimentaires d'autre part. Cette exclusion s'avère invraisemblable au regard de l'existence de nombreux produits de substitution et de produits complémentaires au riz importé et au riz local au niveau du consommateur. Ainsi, elle a conduit à calculer les élasticités conditionnelles de la demande du riz local. Il est alors clair que les élasticités calculées au premier stade de maximisation seront différentes de celles calculées dans cette étude. Cependant, les élasticités conditionnelles bien que n'étant pas théoriquement appropriées pour réaliser une analyse complète des comportements des consommateurs sont d'une importance empirique certaine (Davis et Jansen, 1994 ; cité par Yankam, 2004). De l'avis de Davis et Jansen (op.cit), la plupart des modèles empiriques d'analyse de politique qui utilisent les élasticités conditionnelles sont régulièrement validés et sont donc utilisés pour les prévisions d'impact de politiques.

6.2 RECOMMANDATIONS

Les résultats de l'étude montrent que l'équilibre du marché du riz domestique est loin d'être atteint faute de défaillance de l'offre ou de la demande. Il est alors impérieux de redéfinir les champs d'intervention, principalement par les prix, qui sont les seules variables qui influencent de manière significative l'équilibre des différents marchés. La volonté d'investir dans l'élaboration d'outils décisionnels capables de générer des informations pouvant mieux éclairer les responsables publics dans la prise de décisions en matière de politique agricole (prix, subventions, crédit agricole, etc.), ou bien pour ce qui est de la politique à moyen et long termes (investissement), est heureuse pour l'autosuffisance en riz.

Cette modélisation n'est qu'un point de démarrage de l'investissement dans le domaine. Des efforts et un engagement plus nets doivent permettre d'assister plus efficacement les preneurs de décisions dans l'avenir. L'investissement dans le domaine de la modélisation a besoin d'être diversifié, car un outil unique n'est en général pas en mesure de répondre à toutes les questions de politiques publiques et de planification qui se posent dans le secteur rizicole ivoirien. Ce qui nécessite l'effort continu d'une équipe de recherche qui doit être constamment à l'écoute non seulement des préoccupations économiques mais aussi des progrès constants de la science économique appliquée afin de les mettre à profit dans les analyses à entreprendre.

Par ailleurs, nous recommandons aux autorités publiques en charge de la filière riz, de mettre en place une structure de suivi des exploitations rizicoles en Côte d'Ivoire, pour collecter et analyser les données socio-économiques de fonctionnement et d'organisation, d'allocation et de répartition des facteurs et ressources. Ceci permettra d'analyser chaque année, la rentabilité économique, et le comportement microéconomique des exploitations agricoles face aux différentes politiques agricoles mises en place.

REFERENCES

- [1] Côte d'Ivoire, « Document de relance du développement et de réduction de la pauvreté : DSRP », Janvier 2009.
- [2] PAM et FAO, « Evaluation approfondie de la sécurité alimentaire des ménages », Octobre 2006.
- [3] L'Union Européenne, la Banque Mondiale, l'Etat de Côte d'Ivoire et la FAO (2004). Recensement National de l'Agriculture (RNA 2001). Direction des statistiques, de la documentation et de l'informatique. Document de travail, 90 pages.
- [4] N'Garesseum D., 2009. "Evolution de la production et des importations de riz en Côte d'Ivoire de 1965 à 2008". Numéro de BUPED tiré de Politique Economique et Développement N°08/2009 de la CAPEC. 29 pages.
- [5] ONDR, 2012, " Stratégie Nationale Révisée De Développement De La Filière Riz en Côte d'Ivoire (SNDR) 2012 – 2020", Document de travail, 40 Pages.
- [6] Diagne A. et al (2004), " Evolution des Politiques Rizicoles et déterminants de l'offre et de la demande de riz en Côte d'Ivoire", ADRAO, 28 pages.
- [7] Rapport Spencer (2010). « Un Agenda pour la Croissance Basée sur les Exportations et les Ressources Naturelles en Côte d'Ivoire ». *Rapport no 62572-CI de la Banque Mondiale*, le 20 Mars 2012, 97 pages.
- [8] Lançon, F., E., Olaf, A., Touré & G., Akpokodje, 2004. Qualité et compétitivité des riz locaux et importés sur les marchés urbains ouest-africains, Cahiers d'études et de recherches francophones/Agricultures, l'alimentation des villes, Volume 13, Numéros 1, 110-5.
- [9] Edith Lazaro and al (2017). Rice demand in Tanzania : an empirical analysis. *Journal of the International Association of Agricultural Economists*, Volume 48, Issue 2, Pages 187-196.
- [10] Savadogo, K., 1990. Consommation urbaine et politique alimentaire au Libéria : une approche en termes de systèmes complets de demande, *Revue Economique et Sociale Burkinabè*, n°XXXI.
- [11] Savadogo, K. and J., Brandt, (1988). Household Food Demand in Burkina Faso: Implications for Food Policy, *The journal of the international Association of Agricultural Economics*.
- [12] Ravelosoa, R., S., Haggblade et H., Rajemison, (1999). Estimations des élasticités de demande Madagascar à partir d'un modèle AIDS, Antananarivo INSTA.
- [13] Robilliard, A. (1998), " L'offre de riz des ménages agricoles malgaches : Etude économétrique à partir d'enquêtes transversales ". Document de travail DT/98/09. pp. 49.
- [14] Deaton, A. and J., Muellbauer, (1980). An Almost Ideal Demand System, *The American Economic Review*, Vol. 70, # 03, pp 312-326.
- [15] Wadud, Md. A., 2006. An Analysis of Meat Demand in Bangladesh Using the Almost Ideal Demand System, *The Empirical Economics Letters*, 5(1): (January 2006), ISSN 1681 8997.
- [16] Goffin, R. (1993). *Analyse micro-économétrique* - Dalloz, Paris 200p.
- [17] Elisabeth, Sadoulet and Alain, de Janvry (1995), *Quantitative Development Policy Analysis*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London.
- [18] Tannon, B.S., (2004). *Analyse des déterminants de l'offre de coton au Bénin*, mémoire de DES, Université catholique de Louvain.
- [19] Koffi-Tessio, E., (1997). *La problématique des incitations au niveau de l'agriculture : l'offre de coton, et de café dans le cadre des Programmes d'Ajustement Structurel (PAS)*, Thèse complémentaire, Université de Lomé.
- [20] C. Nelson and C. Plosser, (1982) « Trends and random walks in macroeconomic time series : some evidence and implications. » *Journal of Monetary Economics*, 1982, vol.10, issue 2, 139-162.
- [21] Banerjee A, et al. (1993), The bacterially expressed yeast CDC34 gene product can undergo autoubiquitination to form a multiubiquitin chain-linked protein. *J Biol Chem* 268(8) : 5668-75.
- [22] Combe, O., (1999). *La nécessité d'introduire de nouveaux schémas de gestion du risque de prix auprès des producteurs de café robusta en Ouganda : l'utilisation des contrats à terme*. Mémoire de fin d'études du Diplôme d'Études Approfondies, Mention : Modélisation Micro-économique et Applications, École Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, Université de Rennes I.
- [23] Nerlove, Marc, 1958. "The Implications of Friedman's Permanent Income Hypothesis for Demand Analysis." *Agricultural Economics Research*, United States Department of Agriculture, Economic Research Service, issue 1.
- [24] Davis, G.C. and K.L., Jensen, (1994). Two-Stage maximization and import demand systems revisited: limitation and an alternative, *Journal of Agricultural and Resources Economic*.
- [25] Yankam, R. N., 2004. Analyse économique de la réponse du marché du blé différencié aux instruments de l'organisation commune des marchés du secteur des céréales : le cas de la France. Thèse de doctorat de l'Université Catholique de Louvain.

ANNEXE : DONNÉES DE BASE AYANT SERVI À L'ESTIMATION AVEC DES PRIX NOMINAUX

Année	Quantité de riz blanc local (1000 × TONNE)	Prod an de paddy (1000 × TONNE)	Qtité riz blanc importé (1000 × TONNE)	Prix moyen du riz blanc local (FCFA/KG)	Prix du riz paddy (FCFA/KG)	Consommation annuelle d'engrais sur les superficies rizicoles (en tonne)	Average precipitation in depth (mm/year)	Prix à la cons du riz importé (FCFA/KG)	Crise militaro-politique
1995	473,7	728,7	368,1	250	120	9977,985	1377	300	0
1996	536,1	824,7	308,8	253	120	10282,2	1319,5	302	0
1997	455,7	701	510,9	230	120	12412,08	1160,8	305	0
1998	364,5	560,8	518	233	113	11279,07	1188,8	307	0
1999	419,2	644,9	523	292	108	5129,64	1340	309	0
2000	574,6	884	441	295	110	5121,99	1249	310	0
2001	678	1043,1	641	296	125	5111,34	1348	313	0
2002	701,7	1079,6	718	298	135	10560,3012	1348	315	1
2003	609,1	937,2	735,8	300	123,5	9975,63136	1348	317	1
2004	443	681,5	715,4	296	110,5	9280,45701	1362,41	319	1
2005	457,5	703,9	808,2	303	117	6080,45541	1352,4	321	1
2006	465,3	715,9	903,2	302	148	8061,66995	2640,8	323	1
2007	394,1	606,3	808,8	301	200	8549,94004	1293,6	324	1
2008	442	680	756,7	401,7	208	6678,78559	1447,2	400	1
2009	447	687,7	1105,9	410	229,5	577,65427	1229,8	500	1
2010	470	722,6	837,9	416	244,1	12669,6802	1494,6	450	1
2011	567,5	873	935	448	287	7367,11103	1056,2	447	0
2012	1015,2	1561,9	1267,7	452	287	9674,0794	1348	452	0
2013	1257,2	1934,2	830,8	350	200	13718,8679	1348	493	0
2014	1334,8	2053,5	952,6	491	288	15266,1865	1348	465	0
2015	1484	2283	1137	493	288	15266,1865	1348	460	0

Source : Etablis par l'auteur à partir des données de la BCEAO, l'INS, la FAO...

Le vivre-Ensemble en Nouvelle-Calédonie et la collaboration professionnelle

[Living together in New-Caledonia and Professional collaboration]

NYOCK ILOUGA Samuel¹, MACHIN Justine², and MOUSSA-MOULOUGUI Aude Carine³

¹Chargé de Cours, Université de Yaoundé 1, BP : 13084 Douala, Cameroon

²Responsable des Ressources Humaines, Chercheure associée au CNEP (Centre des Nouvelles Etudes du Pacifique),
Cameroon

³Maitre assistante, Université Omar Bongo, Cameroon

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study aims to show that, the reproduction of Caledonian complexity of identity positioning in the SLN corporate determines the perception of the organizational culture and mediates the effects of the outline level on the individual commitment towards the organization. In this perspective, we combined ethnological approaches and the analysis of individual behavior to query 430 employees. The main result of our work reveals that, communities membership are essential to understanding the identity attributes whose employees use to enter, grow within the company and justify the rank that they occupy. While the metropolitan's employees express an emotional attachment towards the SLN, Kanak employees maintain continuance commitment with SLN that they see a source of wealth and employment.

KEYWORDS: SLN (Société Le Nickel), identity positioning, commitment, Corporate culture, Individual path.

RÉSUMÉ: Cette recherche montre que la reproduction de la complexité calédonienne des positionnements identitaires au sein de la SLN, influence la perception de la culture d'entreprise et médiatise les effets du statut hiérarchique sur l'engagement envers l'entreprise. Les informations collectées auprès 430 salariés de la SLN nous ont permis de mettre en perspective les conduites individuelles dans une analyse sociohistorique du contexte. Nos résultats révèlent notamment qu'à la SLN, l'appartenance communautaire permet de saisir le mode d'entrer dans l'entreprise et justifie le rang que chaque salarié y occupe. Ainsi, la perception des dimensions de la culture d'entreprise varie selon la communauté d'appartenance ($F_{(2,8)} = 2,7$; $p < 0,007$). En outre, tandis que les salariés d'origine européenne expriment un engagement affectif vis-à-vis de la SLN, les autres y construisent des rapports calculés.

MOTS-CLEFS: SLN (Société Le Nickel), positionnements identitaires, culture d'entreprise, engagement envers l'entreprise, Trajectoire professionnelle.

1 INTRODUCTION

La société calédonienne est constituée de communautés différentes, Mais la complexité des positionnements identitaires qui découle de cette partition sociale et de la stratification sous-jacente ne peut se révéler qu'à la lumière d'études scientifiques articulant des niveaux d'analyses individuels, intergroupes et idéologiques [1]. Dans cette perspective, la théorie de l'identité sociale de [2] peut constituer un repère permettant de clarifier les positions individuelles dans les relations entre groupes. C'est précisément la connaissance que les travailleurs de la SLN ont d'eux-mêmes et les implications du sens qu'ils donnent à

leurs appartenances communautaires sur leur rapport au travail qui nous ont intéressées dans ce travail. Cela nous a conduit à mettre en lumière la notion d'identité communautaire en suivant l'approche de [3], qui suggère de s'intéresser davantage aux frontières des communautés, c'est-à-dire là où se réalise la consolidation du sentiment d'appartenance communautaire dans les interactions entre membres de communautés différentes, qu'à leurs contenus culturels. Ces frontières, pour les communautés que nous étudions ici, ont été dessinées par l'histoire de la colonisation qui révèle notamment que les Kanak¹ en constituent le peuple premier. Puis, l'administration coloniale française a investi l'île, faisant venir des milliers d'hommes, colons libres ou colons pénaux, principalement en provenance de la métropole afin de construire et administrer le territoire, avant d'avoir recours à des travailleurs vietnamiens, indonésiens (...), puis plus récemment à des Wallisiens et Futuniens, des Polynésiens et des Européens. Comme le disent si bien [4], la Nouvelle-Calédonie est véritablement le lieu des itinéraires croisés. Alors que le peuple autochtone fait l'objet d'une soumission violente sur son propre sol, les européens installés de force sur cette île ont subi, quant à eux, la déportation et le bagne. Ces trajectoires bricolées ont été orchestrées par la colonisation au prix de souffrances dont on réalise aujourd'hui le traumatisme. On trouve de nos jours, dans la société calédonienne, tous les ingrédients nécessaires pour observer les phénomènes de comparaison et de confrontation sociale tels que envisagés par [5]. Les communautés présentes sur l'île offrent aux individus des repères pour leur positionnement identitaire et entraînent, du fait même de cette cohabitation, une compétition intergroupe pour occuper une place dominante sur l'échelle sociale comme le prévoient les stratégies collectives de changement dans la théorie de l'identité sociale [2].

Toutefois, les luttes de légitimité et les rapports de forces intercommunautaires, qui en découlent, combinent les clivages ethniques et les clivages politiques. Nous avons tenté de démêler cet écheveau en analysant ces interactions et influences sociales, mais aussi leurs impacts sur les relations de travail à la SLN. Sur le plan sociétal, on observe une confrontation entre les Kanak (population autochtone, 40 % de la population globale de l'île) et les Européens (29,2 %). Alors que les premiers, s'appropriant leur identité culturelle valorisée par les Accords de Matignon (1988) puis de l'Accord de Nouméa (1998)² tentent de conquérir une position politique dominante occupée par les Européens, ces derniers sont en quête de sens pour renforcer et légitimer leur domination politique, sociale et économique sur les Kanak. D'autres communautés, les personnes originaires de l'Océanie (11 %), les Asiatiques (3,3 %) et ceux qui se définissent comme Métis ou Calédoniens (16,5 %)³, connaissent plutôt une existence discrète et tissent des alliances au gré des intérêts socioéconomiques individuels et communautaires. Cette réalité sociale, faite de catégorisation et de rivalités intercommunautaires, se prolonge-t-elle dans la SLN ? Comment s'y manifeste-t-elle ? Affecte-elle les liens que les salariés construisent entre eux et avec l'entreprise ? En répondant à ces interrogations nous espérons montrer que l'entreprise est aussi un lieu de rencontre et de transformation des influences réciproques. L'exercice de ses fonctions est influencé à la fois par l'environnement extérieur et par le contexte écologique qu'elle a contribué à construire dans son propre milieu social. La SLN est ainsi perçue comme un construit existentiel pour ses membres qui y trouvent le sens de leurs efforts. Ainsi, l'engagement envers l'organisation qui implique la réalisation des objectifs organisationnels que le travailleur assimile plus ou moins à ses buts personnels, peut constituer un bon indicateur pour évaluer l'équilibre de cette coalition. L'engagement est une force qui stabilise le comportement lorsque celui-ci est soumis à des injonctions contradictoires et peut prendre plusieurs formes : affective ([6]), normative ([7]) et instrumentale ([8]). L'engagement affectif se construit sur le registre émotionnel et identitaire (les individus construisent des liens affectifs avec les composantes de leur environnement de travail par volition). L'engagement normatif résulte d'une interaction significative ayant permis de consolider la socialisation, un échange de valeurs et des obligations réciproques ([9]). Il apparaît dès lors que les individus se sentent concernés par leur organisation qui devient un repère d'identification et d'épanouissement ([10]). L'engagement instrumental, établi par les travaux de [8], est la marque des liens qui se nouent sur le résultat de la comparaison entre les coûts et les bénéfices liés à leur travail. Mais, la signification des appartenances communautaires en situation d'interaction permet d'analyser le rôle de la culture de l'entreprise en précisant le mode de relations privilégié par chacun. L'attention portée sur la culture d'entreprise tient en trois raisons principales. Tout d'abord, la culture d'entreprise permet de réduire l'entropie de l'environnement de travail. Elle accroît en effet l'implication et augmente la cohérence comportementale ([11]). Ensuite, la culture d'entreprise structure les conduites et offre un cadre pour l'adaptation et l'intégration de nouveaux membres. Enfin, la culture d'une entreprise est un outil pour capter l'attention des membres de l'entreprise et focaliser leur attention sur la réalisation des objectifs communs ([12]). S'il est établi qu'il faut s'intéresser aux entreprises parce que les

¹ La graphie « Kanak » a été choisie par Jean-Marie Tjibaou le 9 janvier 1985. La majuscule initiale du mot « Kanak » est justifiée par le fait qu'il ne s'agit pas d'un adjectif, mais d'un nom propre désignant un groupe (par exemple : les Kanak, les Calédoniens, les Métis, les Japonais, les Français...).

² Ces deux textes, Matignon (1988) d'abord et Nouméa (1998) ensuite, encadrent le statut et l'avenir institutionnel de la Nouvelle Calédonie.

³ Ces statistiques proviennent de l'Institut de la Statistique et des Etudes Economiques de Nouvelle-Calédonie.

hommes y travaillent, il paraît aussi indispensable de porter l'attention sur les dimensions susceptibles de garantir sa survie de l'entreprise, voire assurer son développement pour que ces hommes continuent à y travailler. Cet article vise à montrer que l'appartenance communautaire influence la perception de la culture de l'entreprise et médiatise les effets du statut hiérarchique sur l'engagement des salariés envers l'entreprise. Il expose un cadre théorique pour l'étude des positionnements identitaires, de l'engagement organisationnel et de la culture d'entreprise. Il est suivi de la problématique qui permet de rattacher nos objectifs de recherche à ce cadre théorique. Il se termine par une présentation des résultats et leur discussion.

2 CADRE THÉORIQUE

Si on adopte le point de vue de [3], la communauté apparaît comme une catégorie d'attribution et d'identification opérées par les individus eux-mêmes et dont la caractéristique principale est d'organiser les relations intergroupes. Cette perspective nous permet de nous focaliser sur les frontières intercommunautaires plutôt que sur les orientations et formes culturelles, difficilement identifiables chez certaines communautés présentes en Nouvelle-Calédonie et dont l'existence traduit davantage une situation contingente qu'un fait culturel. Dans cette conception, le positionnement identitaire révèle le résultat d'une auto-attribution, une appropriation par les individus qui choisissent d'appartenir à une communauté spécifique. Toutefois, ce positionnement identitaire, marqué par des chevauchements entre les appartenances à des groupes différents auxquels les individus revendiquent leurs appartenances simultanées, est complexe comme le soulignent [13]. Mais, peu importe les écarts manifestes de comportement entre les membres d'une communauté ou les similitudes entre membres de communautés différentes. Si les individus revendiquent une appartenance communautaire donnée, par opposition à une autre communauté, cela signifie qu'ils revendiquent une historicité spécifique et une lecture appropriée de leurs conduites. L'accent mis sur les traits socialement pertinents ayant permis de dessiner les frontières intercommunautaires conduit à distinguer, en Nouvelle-Calédonie, les communautés suivantes :

2.1 LES KANAK

La diversité du peuplement de la Nouvelle-Calédonie suggère d'opérer une distinction entre les contours d'une communauté ethnique et le périmètre visé par une communauté d'appartenance. Lors du recensement réalisé en 2014 par l'ISEE de Nouvelle-Calédonie, 39% des personnes interrogées ont revendiqué leur appartenance à la communauté kanak. Il s'agit donc de la plus grande communauté néo-calédonienne dotée d'une structure clanique hiérarchisée. Les Austronésiens⁴ ont investi l'île les premiers. Ils y ont remporté des batailles pour garder la propriété de ce territoire et y ont progressivement bâti une civilisation vieille de plus 1000 ans.

On admet volontiers que les Kanak ont souvent été perçus et analysés par les analystes et anthropologues occidentaux et étrangers ([14], [15]) à partir de pratiques considérées comme traditionnelles par opposition au modernisme occidental. Dans cette conception, l'individu est souvent considéré comme enfermé dans un collectif qui restreint ses capacités à s'épanouir individuellement. Mais comme l'observe [16] dans son analyse du malentendu des cultures polynésiennes, chacun observe l'autre d'après son propre prisme culturel, développant ainsi une vision ethnocentrique. Certes, l'organisation coutumière plus vive dans la Nouvelle-Calédonie précoloniale a marqué et influence toujours, avec une intensité variable en fonction des êtres, de leur âge, de leur lieu de vie, les comportements des personnes affiliées. Pour autant, l'individu appartenant aux sociétés décrites comme étant traditionnelles n'est pas forcément effacé par le groupe avec lequel on ne peut pas le confondre. Pour souligner ce propos, [15] explique qu'il est, en effet, juste d'accepter l'idée que le rapport des Kanak à leur culture n'est pas unique. En effet, la culture est composée d'un ensemble cohérent de pratiques inventées par les membres d'un groupe social telle que la langue, les rapports de genre, l'organisation sociale de l'espace et du temps, la religion, qui ne sont pas figés mais adaptatifs et ne s'imposent pas spontanément aux héritiers.

2.2 LES NON KANAK (LES WALLISIENS, LES INDONÉSIENS, LES VIETNAMIENS, LES FUTUNIENS, LES POLYNÉSIENS ETC.)

La Nouvelle-Calédonie actuelle est peuplée des groupes polynésiens qui se sont établis sur ce territoire par vagues d'immigration successive rythmées par des alliances et des guerres de conquête. Le développement économique de ce territoire, impulsé par la découverte du granite, a contribué au renforcement de cette dynamique. L'industrie minière naissante et l'essor des cultures de rente avaient besoin d'une main d'œuvre corvéable à merci pour faire tourner les mines de nickel,

⁴ Ancêtres des Kanak

de chrome et de cobalt ; mais aussi les plantations de canne à sucre, de coton et de café. L'administration coloniale trouva cette main d'œuvre dans le Vanuatu, le Vietnam et le Japon. Alors qu'il s'oppose à la poursuite du transfèrement des convois de bagnards, le gouverneur Feuillet soutint l'immigration d'origine javanaise. L'hétérogénéité de cette communauté est telle qu'il convient de privilégier, pour sa description, des signes manifestes qui révèlent sa diversité. Notons par exemple que la gastronomie néo-calédonienne en est l'un des miroirs.

2.3 LES EUROPÉENS (IMMIGRÉS CONTRAINTS ET LIBRES)

La Nouvelle-Calédonie coloniale fut le lieu d'incarcération des repris de justice de la France Métropolitaine (Merle, 1995). Par la suite, une orientation fonctionnelle plus positive s'est substituée à cette conception d'inspiration impérialiste. L'île prît alors le visage « d'une petite France Australe ». Soucieux de faire de la Nouvelle-Calédonie une nouvelle campagne française, l'administration coloniale va se confronter à la nécessité de distribuer des terres agricoles aux autochtones, aux nouveaux venus et aux citoyens libres une fois libérés du bagne. Cette ambitieuse politique agraire va donner naissance à inégalités qui vont cristalliser les haines intercommunautaires entre les blancs les métisses et les mélanésiens.

2.4 MÉTISSAGE ET DIFFICULTÉS DU DIALOGUE INTERCOMMUNAUTAIRE.

L'Insee rapporte que lors du recensement de la population du Caillou⁵ de 2014, plutôt que de se définir en déclarant appartenir à l'une des huit communautés proposées (européenne, indonésienne, kanak, ni-vanuatu, tahitienne, vietnamienne, wallisienne, futunienne), 46 000 personnes (8,7%) ont affirmé être Calédoniens ou n'appartenir à aucune des communautés précédentes. Dans le même temps, une proportion sensiblement égale - 8,6% - a revendiqué appartenir à plusieurs communautés. Nous pensons qu'il s'agit là de la proportion des Métis qui, a priori, ne constituent pas une communauté identifiée comme telle en Nouvelle-Calédonie. Pour autant, beaucoup de Calédoniens sont issus de métissages et la reconnaissance de ce métissage est devenue un enjeu d'envergure après avoir fait l'objet de tabous pendant plus d'un siècle. L'histoire des métissages récapitule l'histoire d'une société et des groupes qui s'y rencontrent. Elle est celle des tolérances et des interdits, des alliances et des oppositions.

En Nouvelle-Calédonie, les premiers colons libres ou pénaux étant majoritairement des hommes, les unions mixtes étaient courantes quoique peu reconnues. Lorsque le père assumait la paternité, l'enfant, fruit de ces unions, était élevé dans la société coloniale et s'identifiait à la communauté européenne. Dans le cas contraire, il était adopté par le groupe maternel kanak. A ceci, ([17]) ajoute que la communauté kanak s'identifie dans des pratiques culturelles où le métissage n'est pas conçu en termes biologiques mais en fonction de l'identification au groupe. Le sang, dit-il, fluide vital qui circule dans le corps des individus, n'appartient pas au père géniteur. Il est la propriété des maternels. Ce qui fait que la couleur de la peau est secondaire. Ces deux alternatives de socialisations exclusives sont à la source de ce que beaucoup appellent l'absence d'un métissage culturel qui contraste avec un métissage communautaire visiblement marqué, fondé notamment sur la coloration de la peau. On relève d'ailleurs des tentatives mal assumées d'appropriation de l'identité Kanak chez les Caldoches⁶. Parmi tous les groupes qui forment la population de la Nouvelle-Calédonie, les Métis incarnent réellement cette société. Ils en sont les véritables fils parce qu'ils constituent une donnée contingente. Ils ne sont pas des Européens qui cherchent à s'enraciner dans une terre nouvelle; pas davantage des Kanak qui représentent une réalité et une légitimité ancestrale liée à la connaissance du pays et à l'enracinement à la terre, elle-même héritée des ancêtres. Ils sont la vraie nouveauté de la Nouvelle-Calédonie. En d'autres termes, ils sont non seulement ce qui la ferait nouvelle, mais « autre » en lui donnant la chance d'exister autrement et singulièrement. Ce statut constitue à la fois leur force et leur faiblesse car il fait d'eux l'incarnation d'une réalité souvent rejetée: le Métis doit concilier les éléments issus de différents mondes pour les recombinaison dans une identité nouvelle. Le Métis est celui qui n'est pas Kanak et pas Européen par exemple, parce qu'il revendique la pluralité dont il est issu. Mais comment se positionner, dès lors que l'on est à la fois étranger et médiateur et que l'on cherche à construire une identité nouvelle à partir des identités des autres ? Dans cette étude, les Métis font partie des non Kanak et autres Mélanésiens qui ne se revendiquent ni l'appartenance à la communauté Kanak, ni à la communauté des Européens.

⁵ La Nouvelle-Calédonie est communément appelée le Caillou par ses habitants.

⁶ Les Calédoniens d'origine européenne, ou communément appelés aussi les Caldoches, sont les descendants blancs des colons libres ou pénaux (ayant pu faire l'objet de métissage avec d'autres communautés), principalement d'origine européenne, arrivés et installés en Nouvelle-Calédonie au minimum depuis une ou deux générations, et pouvant remonter jusqu'au début de la colonisation.

2.5 APPARTENANCE COMMUNAUTAIRE ET INTERACTIONS SOCIALE EN NOUVELLE-CALÉDONIE

La théorie de l'identité sociale de [2] considère que le besoin de distinction positive est fondamental et constitue la base motivationnelle de certains comportements. Or, en Nouvelle-Calédonie, certains groupes sociaux, les Kanak en particulier, se trouvent dans une situation où une image négative et dévalorisante d'eux-mêmes leur est continuellement renvoyée. Les non Kanak, eux, se retrouvent mis en altérité⁷ et n'auraient ni la possibilité de se rattacher à un ancêtre réel ou symbolique qui légitimerait leur enracinement sur le Caillou, ni le sentiment du caractère unique, de l'unité, de leur histoire et du futur partagé de leur communauté. D'autres encore ont le sentiment d'appartenir à plusieurs communautés à la fois et, se faisant, ne s'en attribuent aucune. Ces situations qui compromettent la satisfaction du besoin fondamental de distinction positive complexifient le positionnement identitaire des Calédoniens en brouillant la connaissance de soi, entravant les relations avec le monde et la reconnaissance qu'il serait permis d'obtenir des autres dans un processus normal de construction identitaire ([18]). Plus encore, cette situation complexe crée les conditions d'une cohabitation intercommunautaire conflictuelle au quotidien parce qu'elle génère une stratification sociale et une répartition inégalitaire des richesses et du pouvoir. A ce propos, voici ce que révèle la théorie de l'identité sociale de ([2]). La structure de la société calédonienne apparaît instable puisque l'île est engagée dans un processus de décolonisation⁸ initié par les Accords de Matignon (1988) puis l'Accord de Nouméa (1998). Les membres de l'élite kanak, représenté par Tjibaou⁹, ont réalisé que malgré leurs efforts pour atteindre un meilleur statut, ils restent des « noirs » aux yeux des autres et l'accès aux positions prestigieuses dans l'administration ou dans les entreprises privées leur est barré. « Un plafond de verre » semble bloquer cette ascension. Certains, les Kanak, sont confrontés à l'impossibilité de mobilité sociale parce que les communautés en présence peuvent être considérées non seulement comme des faits objectifs liés à des liens primordiaux tels que les traits phénotypiques, mais elles sont aussi des produits du processus de construction sociale mobilisés pour défendre des intérêts matériels et politiques. Cette imperméabilité relative des frontières intercommunautaires entrave les stratégies individuelles de mobilité sociale s'il elle ne les empêche totalement. Enfin, il n'est point besoin de prouver que les Kanak, au moins, contestent la domination politique et économique dont jouissent les Européens, la considérant comme illégitime, parce qu'étrangers sur ce sol qui appartient à leurs ancêtres. Il y a lieu d'observer que le rapport de force est favorable aux immigrants. Le groupe défavorisé ici n'est pas un « groupe minoritaire ». Un tel contexte constitue un terreau favorable au développement des actions visant à bousculer l'équilibre social. Le lieu de travail peut alors, à juste titre, exacerber ces tensions en perpétuant les inégalités sociales ou les dissoudre en créant les conditions d'une coalition harmonieuse.

2.6 LE SENS DU TRAVAIL : ENGAGEMENT ENVERS L'ENTREPRISE.

Pour amener les individus à produire un comportement souhaité, [19] propose la théorie de l'engagement selon laquelle il faut faire agir pour modifier le comportement des individus et leurs croyances. C'est probablement ce que les dirigeants de la SLN ont réussi en embauchant les Mélanésien à l'usine de Doniambo et dans les mines alentours. En effet les Mélanésien et spécifiquement les Kanak ne voulaient probablement pas travailler à la SLN ; d'abord parce que ce travail salarié n'avait de sens que pour acquérir des objets de consommation importés par les colons et visiteurs étrangers : les gens disaient souvent : « Nous aimerions avoir quelques-uns de ces objets mais nous ne pouvons pas les avoir sans travailler, et ça, nous ne le voulons pas ; donc nous préférons nous en passer » ([20], p. 105). Ensuite, parce qu'ils ne voulaient certainement pas collaborer à une entreprise d'exploitation de leur sol et de leurs énergies. Aujourd'hui, la question de l'engagement dans la vie professionnelle des calédoniens est de plus en plus posée, tantôt en termes de sens du travail en général, tantôt encore en termes de réflexion par rapport à l'emploi. Cette question avait déjà été suggérée en psychologie du travail par des travaux portant sur la conception que l'homme a de son travail, les rapports entre vie de travail et vie hors travail au sujet desquels, trois styles de vie existent ([21]): le style intégré (où il n'y a pas de limite entre la vie de travail et la vie hors travail), le style fonctionnel (souligne la dure nécessité du travail et le sentiment d'une dépendance vis-à-vis du travail), le style instrumental (où il y a un clivage entre la vie de travail et la vie hors travail). Le travail est perçu comme un moyen de faire quelque chose et d'y gagner aussi quelque chose (salaire, statut social, prestige). En acceptant ce travail qui finalement leur a été imposé, les Kanak expriment aujourd'hui un engagement affectif vis-à-vis de cette entreprise qui, disent-ils, représente beaucoup pour eux. Aussi, la compréhension de l'activité de travail échappera-t-elle systématiquement à des analyses simplistes aussi longtemps que les

⁷ La mise en altérité signe le refus d'entrer avec l'autre dans le processus d'influence réciproque caractéristique des relations sociales (Jodelet, 2005).

⁸ Plusieurs référendums d'autodétermination sont prévus en 2018.

⁹ Leader indépendantiste assassiné par les siens qui l'accusaient de compromission avec l'administration coloniale

chercheurs n'auront pas réfléchi indépendamment de tout gain rationnel ou objectif, sous-jacent à ce que l'être engage de lui-même dans cette débauche laborieuse et dispendieuse ([16]). Selon [22], il existe deux dimensions principales dans l'engagement organisationnel : la dimension affective et la dimension instrumentale. L'engagement affectif se traduit par le fait que l'employé demeure attaché à son organisation, parce qu'il le désire, tandis que l'individu engagé de manière instrumentale reste dans l'entreprise, parce qu'il redoute les conséquences de son départ. [23] distinguent trois aspects dans l'engagement organisationnel. Pour ces auteurs, il y aurait l'engagement de type affectif, normatif et instrumental. L'explication que ces auteurs donnent des formes d'engagement affectif et instrumental est similaire à celle proposée par [22]. [23] attribuent l'engagement normatif à une sorte d'obligation morale qui justifie le fait que l'individu souhaite rester membre de l'organisation qui l'emploie. C'est sous la forme introduite par [23] que le concept d'engagement envers l'entreprise est sollicité dans cette étude.

2.7 LA CULTURE D'ENTREPRISE

Comme dans beaucoup de sujet, il importe de ne pas feindre de découvrir la culture d'entreprise comme un sujet nouveau. L'idée que les organisations puissent être appréhendées du point de vue de leur culture n'est pas de toute jeunesse. [24] ouvre la voie à la prise en considération des réalités culturelles dans les organisations, en insistant sur le rôle fédérateur de la culture organisationnelle. Indépendamment des travaux de Jaques, [25] développa en 1957 une conception de la façon dont les organisations «peuvent développer des dimensions affectives, acquérir un "caractère", une idéologie et une compétence distinctives, et susciter l'identification et l'engagement de leurs membres» ([26], P. 17 ; [27], p. 573). La culture d'entreprise est une question qui eut le vent dans les voiles au cours des années quatre-vingt à la suite de la parution d'*In Search of Excellence* de [28] et de *Corporate Cultures* de [29] et, malgré une récente baisse d'intérêt au profit de la gestion par la qualité totale, il a laissé ses marques sur l'analyse des organisations, particulièrement en Amérique du Nord. Toutefois la façon de concevoir et de mesurer la culture organisationnelle prit deux directions qui s'enracinent, encore dans la littérature contemporaine, dans des courants de pensée divergents, le courant symbolique et le courant fonctionnaliste. Quelle que soit l'approche considérée, la culture renvoie au produit d'un collectif qui s'exprime à travers les valeurs et les croyances partagées sur lesquels les dirigeants peuvent avoir une certaine emprise.

À partir d'une recension exhaustive de la documentation et d'une validation empirique solide, [30] puis [31] ont élaboré un modèle intégré des valeurs concurrentes susceptible de rendre compte de l'efficacité organisationnelle (multidimensional scaling). La teneur proprement axiologique de leur découverte devint apparente plus tardivement comme en témoigne l'ouvrage que Quinn publie en collaboration avec Cameron en 1998 (*Diagnosing and Changing Organizational Culture*). Les résultats de leurs recherches révèlent deux axes principaux permettant de distinguer les valeurs organisationnelles. Le premier axe rend compte d'un continuum « flexibilité - contrôle », tandis que le second mesure le continuum « orientation vers l'interne - orientation vers l'externe ». Le croisement de ces deux axes met en évidence, dans chacun des quadrants un ensemble de valeurs supportant une stratégie organisationnelle mise en œuvre par des moyens concrets.

2.7.1 ORIENTATION VERS LE SOUTIEN (INTERNE ET FLEXIBILITÉ)

La stratégie de développement des ressources humaines (a) est basée sur la confiance dans le potentiel humain, la synergie et le caractère épanouissant du travail, (b) elle vise à susciter l'engagement, le sentiment de responsabilité et un haut moral et (c) en mettant de l'avant la participation, la coopération, la confiance mutuelle, l'esprit d'équipe et la croissance individuelle.

2.7.2 ORIENTATION VERS L'INNOVATION (EXTERNE ET FLEXIBILITÉ)

La stratégie de l'expansion et la transformation de l'organisation (a) prend appui sur la confiance dans la capacité d'apprendre, la créativité, la synergie, l'adaptabilité, (b) elle favorise la transformation continue de l'organisation (par croissance interne et/ou acquisition externe) et (c) en misant sur la vigie environnementale, l'anticipation, l'expérimentation, l'innovation.

2.7.3 ORIENTATION VERS LE BUT (EXTERNE ET CONTRÔLE)

La stratégie de maximisation de la production (a) repose sur la foi en la clarté des orientations et en la fermeté de la structuration, (b) elle vise la productivité, la compétitivité et la rentabilité de l'organisation et (c) en mettant l'accent sur la rationalité des décisions, sur les indicateurs de performance, sur l'imputabilité individuelle ou collective et sur la contingence des renforcements.

2.7.4 ORIENTATION VERS LES RÈGLES (INTERNE ET CONTRÔLE)

La stratégie de consolidation et l'équilibration interne (a) est ancrée dans la valorisation de l'ordre, de la prévisibilité, du contrôle, (b) elle cherche à susciter la stabilité, la continuité, la pleine maîtrise et (c) par la gestion contrôlée de l'information, par la division du travail, par la formalisation des procédures de production, de contrôle et de communication.

Ces quatre ensembles dimensions (orientation vers le support, vers l'innovation, vers le but, vers les règles) constituent le modèle le plus approprié pour l'étude de la culture d'entreprise. Il nous guidera dans l'évaluation de la culture de la SLN.

3 PROBLÉMATIQUE

Considérant que les communautés étudiées dans cette recherche se distinguent davantage par leurs frontières que par leurs contenus culturels, il apparaît que, en revendiquant une appartenance communautaire spécifique, les individus s'approprient, de fait, la position sociale de leur communauté d'appartenance pour marquer leur différence. ([3]; p. 212) précise que : « S'ils disent qu'ils sont des A, en contraste avec une autre catégorie B du même ordre, cela signifie qu'ils entendent être traités comme des A et voir leur conduite interprétée et jugée en tant que A et non en tant que B ; en d'autres termes, ils déclarent leur allégeance aux valeurs partagées par les A ». Pour autant, cette posture méthodologique nous oblige à poser d'emblée une distinction entre caractéristiques individuelles et caractéristiques communautaires. Autrement dit, nous soutenons que le collectif n'est pas à confondre avec l'individu. Si les interactions entre communautés différentes exigent des critères d'évaluation et de jugement communs, [3] soutient que ces critères coexistent avec des obstacles dans la compréhension commune qui rendent l'exclusion évidente. Ces obstacles et formes d'exclusion portent sur des domaines précis de l'existence tels que le rapport au temps, la solidarité interindividuelle, le rapport à l'autorité, la satisfaction des objectifs personnels, la précellence ou la prééminence de la parole dite. Ces éléments peuvent entrer en résonance avec le profil culturel de l'entreprise, lequel repose sur les règles et procédures de fonctionnement, les objectifs, l'innovation et le soutien ([32]). Cette structuration de l'interaction permet l'expression de conduites individuelles marquées, dans des domaines de séparation. Notre objectif a été de montrer qu'en Nouvelle-Calédonie, les positionnements identitaires apportent des éléments d'explication pour la compréhension de la place occupée et du rôle que jouent les individus dans l'entreprise, lesquels (statut et rôle) influencent la perception de la culture de l'entreprise et l'engagement envers l'entreprise. En se démarquant de la conception des communautés comme supports de culture, nous privilégions les éléments des contextes écologiques que constituent la stratification sociale des communautés sur le plan sociétal d'une part, la structure hiérarchique et la culture de l'entreprise (la SLN) tel qu'elles sont perçus d'autre part, pour rendre compte de l'engagement envers l'entreprise.

3.1 HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

3.1.1 HYPOTHÈSE GÉNÉRALE

La partition et la stratification de la société calédonienne nous suggèrent à postuler que : la reproduction de la complexité calédonienne des positionnements identitaires (auto-attribution d'une appartenance communautaire) au sein de la SLN, en fixant le statut hiérarchique de chaque salarié dans l'entreprise, justifie la perception de la culture organisationnelle et médiatise les effets du statut hiérarchique sur l'engagement envers l'entreprise.

3.1.2 HYPOTHÈSES OPÉRATIONNELLES GUIDANT NOTRE ENQUÊTE QUANTITATIVE

- L'auto-catégorisation des salariés de la SLN, en favorisant la saillance de l'identité communautaire ([32]), favorise la perception de la culture de l'entreprise en fonction des enjeux et rivalités communautaires. Aussi, disons-nous, la perception du profil culturel de la SLN est fonction de l'identité communautaire (H1).
- Conformément à la théorie de l'identité sociale de ([33], [18]), notre manière de percevoir notre environnement est affectée par l'aspect du soi actif. Dans cette perspective, en se considérant comme membre d'une communauté donnée, l'engagement des salariés envers l'entreprise ne sera pas seulement fonction de leur statut dans l'entreprise, mais aussi et surtout en fonction de leur appartenance communautaire. On peut donc s'attendre à ce que l'engagement envers l'entreprise des membres de chacune des catégories socioprofessionnelles (cadres, agents de maîtrise, ouvriers) varie selon la communauté d'origine des salariés (H2).

4 MÉTHODOLOGIE

4.1 POPULATION DE L'ÉTUDE

Le terrain de notre enquête est l'usine de Doniambo de la SLN, en Nouvelle-Calédonie, qui compte au 31 décembre 2014, un effectif de 2 166 personnes exerçant environ 250 métiers centrés sur l'exploitation du minerai ou du métal, la maintenance industrielle, le soutien à la production (gestion, recherche, ressources humaines...). Il s'agit du principal employeur privé de l'île et une importante source de revenus pour la Nouvelle-Calédonie. La SLN fut pendant longtemps le moteur des ambitions de toute la jeunesse calédonienne qui projetait d'y travailler. Elle perd peu à peu l'image paternaliste d'une entreprise protectrice et généreuse, cristallise les passions et alimente la controverse au sujet de l'avenir socioéconomique de la Nouvelle-Calédonie indépendante. L'entreprise poursuit son effort d'intégration de nouvelles compétences sur les métiers porteurs notamment de la mine, la géologie, la sécurité ou l'informatique. En 2012, l'entreprise a embauché près de 100 nouveaux collaborateurs : cadres, agents de maîtrise et employés. Elle revendique une politique de recrutement majoritairement orientée vers les Calédoniens, grâce notamment aux programmes de formation communs mis en œuvre avec les trois provinces, le rectorat et l'université de la Nouvelle-Calédonie. Pour extraire un échantillon de cet ensemble, 900 questionnaires ont été distribués aux salariés choisis selon la méthode aléatoire simple à l'usine de Doniambo et 430 ont été remplis et jugés exploitables soit un taux de retour de 47,7%. Cet échantillon comporte 180 femmes (41,8%) et 250 hommes (58,2%). Nous avons pu reconstituer les attributions identitaires suivantes : les salariés d'origine communautaire kanak (141, 32,80%), les salariés non kanak mais pouvant être indonésiens, wallisiens, futuniens, métis, calédoniens, caldoches, polynésiens, etc. (144, 33,48%) et les salariés d'origines européens ou colons libres et colons pénaux (145, 33,73%). L'âge des participants varie entre 20 et 60 ans avec une moyenne de 38 ans. 75% des participants à cette étude n'adhèrent à aucun syndicat. Les autres ne peuvent pas être considérés comme étant des militants assidus. Le groupe des non Kanak présente une grande hétérogénéité parce qu'il rassemble différentes communautés ; cependant, le choix de ce regroupement communautaire est fait, d'une part, pour rendre nos résultats comparables à ceux obtenus dans les mêmes circonstances dans d'autres pays où l'hétérogénéité au sein des groupes des non-autochtones est encore plus élevée (Canada, Australie, Nouvelle-Zélande) et d'autre part, pour satisfaire les conditions statistiques d'une analyse de variance permettant de mesurer les différences de perception.

4.2 PROCÉDURE

L'enquête s'est déroulée à la SLN sur le site de l'usine de Doniambo, à Nouméa, entre décembre 2013 et mars 2014. La procédure de collecte de données a débuté avec l'envoi d'un courriel, à l'ensemble des différentes directions de l'entreprise. Puis, notre intervention directe s'est poursuivie sur le site de l'usine afin d'exposer aux salariés le but de l'étude et la nécessité de leur participation. La lettre d'accompagnement du questionnaire informait les salariés que l'enquête n'était pas demandée par la direction de l'entreprise et que de ce fait, ils avaient le libre choix d'y participer ou non. Nous avons nous-mêmes distribué les questionnaires aux salariés qui ont exprimé leur consentement éclairé. Les questionnaires remplis nous ont été directement remis. L'accent mis sur le volontariat tient compte de la portée et la nature des enjeux sociaux, économique et politique de la Nouvelle-Calédonie.

4.3 ÉCHANTILLON

Notre échantillon révèle qu'il y a plus de chance d'être cadre lorsqu'on est Européen que lorsqu'on est Kanak ou autre. Inversement, il est plus probable d'être agent de maîtrise ou ouvrier lorsqu'on est Kanak par rapport aux Européens.

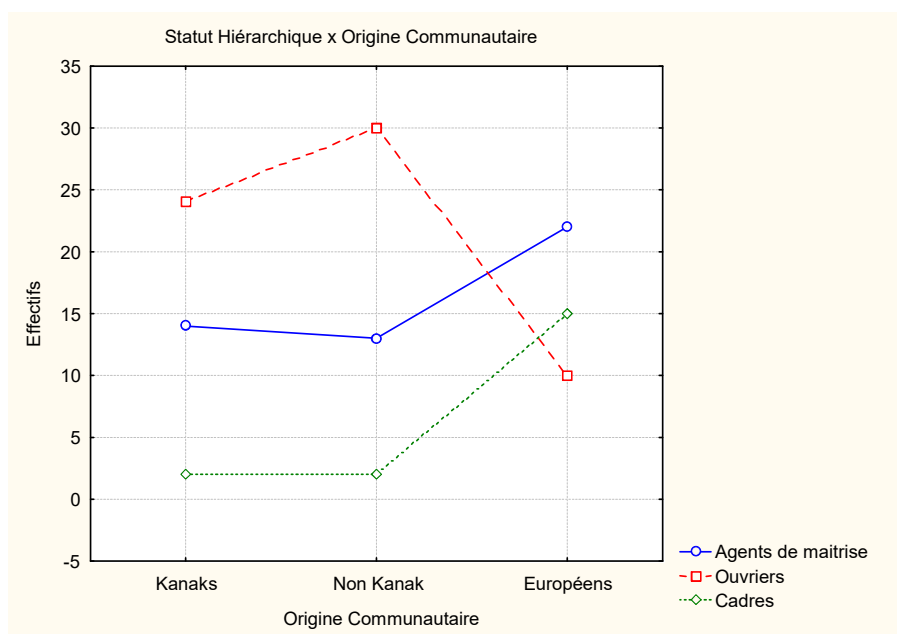


Fig. 1. Répartition des effectifs entre les différentes catégories socioprofessionnelles en fonction de l'appartenance communautaire (Breakdown of employees between different socio-professional categories based on the Community origin).

La Figure 1 ci-dessus montre que les salariés kanak et ceux non kanak sont majoritairement des ouvriers et des agents de maîtrise à la SLN. Cela contraste avec les européens qui sont souvent cadres ou agents de maîtrise. Ce lien entre origine communautaire et statut hiérarchique à la SLN est statistiquement significatif mais reste tenu. Certes, on trouve plus d'ouvriers chez les non Kanak par rapport aux Kanak, mais les profils des deux groupes d'individus restent comparables et se distinguent des européens.

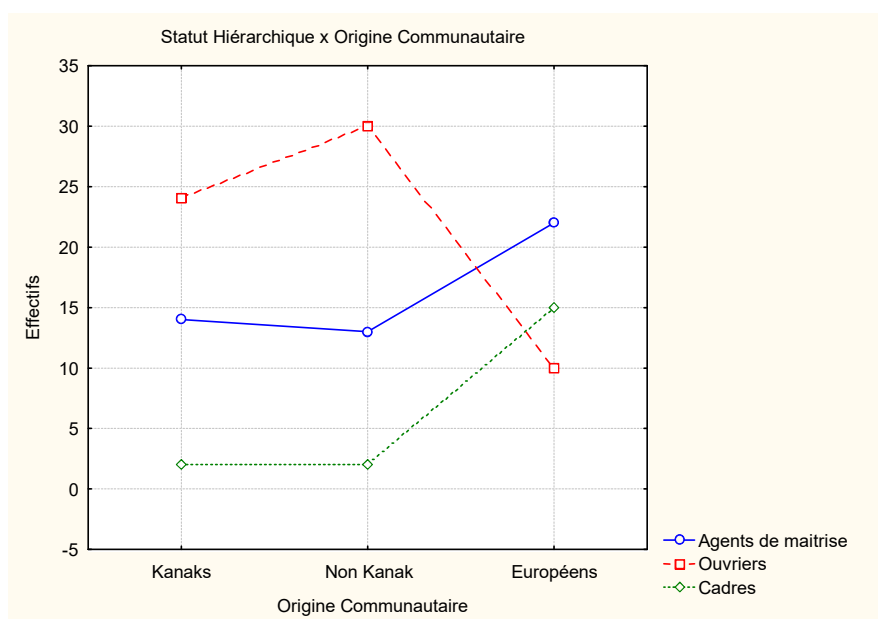


Fig. 2. Répartition des salariés par niveaux d'études et selon l'appartenance communautaire (Breakdown of employees in different levels of study based on the Community origin). NB : les effectifs sont indiqués en pourcentage.

Chez les Kanak, les salariés de niveau primaire sont plus nombreux que ceux de niveau licence ou master. En revanche, on trouve plus de salariés de niveau secondaire chez des non Kanak et davantage de salariés de niveau master chez les Européens. Ce lien entre niveau d'étude et origine communautaire n'est pas dû au hasard. Autrement dit, les salariés kanak sont les moins

instruits dans l'usine. Les salariés de niveau primaire et secondaire sont souvent des ouvriers à la SLN. Les travailleurs de niveau licence sont souvent des agents de maîtrise et ceux de niveau master sont des cadres.

4.4 LES INSTRUMENTS DE LA COLLECTE ET ANALYSE DES DONNÉES

En plus de l'enquête quantitative, nous avons eu recours à une enquête qualitative qui a consisté à interroger 30 salariés de diverses appartenances communautaires par le biais d'entretiens semi-directifs. La disponibilité des personnes choisies de manière aléatoire pour participer à l'enquête nous contraint à réaliser 15 entretiens avant la passation du questionnaire et dans le bureau que l'entreprise a mis à notre disposition pour l'occasion, et 15 entretiens hors des locaux de l'entreprise, après le retour des questionnaires. Après la présentation des thèmes abordés lors de l'entrevue, les salariés étaient invités à s'exprimer librement et en toute sécurité étant donné que l'anonymat des entretiens était assuré et que les données n'étaient accessibles qu'aux seuls chercheurs ne peuvent être exploitées que dans le cadre de notre recherche. Les échanges ont duré en moyenne 2 heures et ont été enregistrés sur support audio avec autorisation des participants. Cette démarche a été utilisée pour décrire les trajectoires individuelles des salariés de la SLN, en partant de leurs appartenances communautaires pour suivre leur parcours dans l'entreprise, leurs expériences, leurs attentes, leur perception de l'entreprise, leurs discours sur les pratiques managériales, les conflits et les spécificités ou pratiques culturelles, tout en cherchant à préciser leurs aspirations et leurs attentes personnelles. Nous avons notamment interrogé les salariés sur l'identification à une communauté, le mode d'entrée à la SLN et la place qu'ils y occupent, en se servant d'un guide d'entretien. Pour garder la confidentialité des informations collectées lors des entrevues, les données de cette enquête qualitative ne seront pas présentées dans cette étude. Toutefois les informations qui en sont issues ont été utilisées pour donner du sens aux analyses quantitatives présentées ici. La démarche quantitative a consisté à distribuer des questionnaires auto-administrés aux salariés afin d'analyser la perception de la culture organisationnelle et l'engagement des salariés envers la SLN. Les outils de collecte de données utilisés ici sont ceux de [30] pour la culture d'entreprise et de [34] pour l'engagement envers l'entreprise. Chaque dimension renvoie à un modèle théorique correspondant à un profil culturel dominant, mais non exhaustif. Nous avons utilisé la version française validée par le groupe de recherche focus dirigé par [11]. Pour la mesure des trois dimensions de l'engagement, nous avons choisi l'échelle validée par [35]. Cette échelle comporte 18 items. Les réponses ont été recueillies à l'aide d'une échelle de Likert à six pas allant de (1) pas du tout d'accord à (6) tout à fait d'accord. Les données collectées ont été analysées à l'aide de la version 6 du logiciel STATISTICA sous Windows. Nous avons privilégié l'utilisation de la technique d'analyse de variances multivariées, recommandée lorsqu'on compare simultanément plusieurs groupes d'individus réputés homogènes et au sein desquels les observations se distribuent normalement.

5 RÉSULTATS

5.1 L'ANALYSE DES TRAJECTOIRES ?

Nous avons réalisé une analyse des trajectoires individuelles pour retracer les parcours et expériences individuels, comprendre les relations interindividuelles qui se nouent sur le lieu de travail et l'engagement des salariés envers l'entreprise. Cette analyse a révélé que la société calédonienne est constituée de communautés différentes qui cohabitent, se mélangent parfois, s'influencent mutuellement et s'affrontent souvent pour occuper une position dominante sur l'échelle sociale, politique et économique. Ces oppositions, affrontements et influences réciproques se manifestent dans le discours des individus et donnent du sens aux appartenances communautaires. Notre quête a révélé que cette partition sociale se reproduit dans la SLN, oriente les conduites des individus et influence le discours des salariés. Autrement dit, la position privilégiée que leur confère leur appartenance communautaire dominante hors de l'entreprise offre des avantages et des statuts particuliers aux salariés d'origine européenne dans l'entreprise, en favorisant leur embauche et leur ascension fulgurante sur la hiérarchie de l'entreprise. Et inversement, la position d'infériorité résultante de l'appartenance communautaire kanak se prolonge également dans l'entreprise en définissant la porte d'entrée et les rôles « subalternes » joués par certains individus dans l'entreprise. Les entretiens individuels révèlent ainsi une tendance dont nous avons tenté de mesurer la portée dans le cadre d'une enquête quantitative.

5.2 LA VÉRIFICATION DES HYPOTHÈSES

5.2.1 PERCEPTION DE LA CULTURE SELON LE POSITIONNEMENT IDENTITAIRE (H1)

Table 1. Impact de la position identitaire sur la perception de la culture d'entreprise

	The impact of the identity positioning on the perception of the cultural corporate attributes					
	Test	Valeur	F	Effet (dl)	Erreur (dl)	p
Ord. Origine	Wilk	0,033123	926,8082	4	127	0,000
Community belonging	Wilk	0,849020	2,7076	8	254	0,001

Ce Tableau montre que la perception des dimensions de la culture de l'entreprise varie selon les positionnements identitaires ($F_{(2,8)} = 2,7$; $p < 0,007$). La perception des salariés kanak ($M_{SS}^{10} = 3,19$; $M_R^{11} = 3,9$; $M_I^{12} = 3,5$; $M_O^{13} = 3,41$) diffère significativement de celle des salariés non kanak ($M_{SS} = 2,8$; $M_R = 3,41$; $M_I = 3,02$; $M_O = 2,9$) et européens ($M_{SS} = 2,84$; $M_R = 2,88$; $M_I = 2,92$; $M_O = 2,98$). Les scores obtenus, chez les individus de cette communauté, dans l'évaluation des dimensions de la culture d'entreprise sont supérieurs à la moyenne théorique de l'échelle utilisée ($M = 3,5$). La signification de cette perception positive des caractéristiques de l'organisation interroge. Nous savons que le contexte calédonien est de plus en plus favorable aux Kanak qui bénéficient certainement d'un traitement de faveur à la SLN dans le but de panser les blessures du passé et apaiser les tensions intercommunautaires. Prenons l'exemple du programme de formation « cadres avenir » dont l'objectif est de former des cadres kanaks dans tous les secteurs d'activité et la loi du 28 juillet 2010 qui donne la priorité à l'emploi aux citoyens calédoniens (c'est-à-dire les personnes nées en Calédonie ou s'y étant installées avant le référendum de 1998 sur l'Accord de Nouméa). La discrimination positive qui en découle peut créer des crispations chez les membres des autres communautés de salariés (les Européens et les salariés non Kanak) qui voient leur statut privilégié hérité de la colonisation remis en cause. Les Kanak prennent peu à peu conscience que la SLN est « leur entreprise ». Que le pays soit indépendant ou non, la SLN profite à la Nouvelle-Calédonie et aux tribus qui envoient leurs enfants travailler dans les mines. Le graphique ci-dessous donne une meilleure représentation des écarts intercommunautaires dans l'évaluation des dimensions de la culture d'entreprise. Ces observations vont dans le sens de notre hypothèse H1 selon laquelle : la perception du profil culturel de la SLN est fonction de l'identité communautaire. Mais nos résultats ne la valident pas complètement parce que les différences existent certes, mais ne sont pas toutes significatives lorsqu'on compare deux à deux les données des différentes communautés. C'est ce que révèle, dans la Figure 2, l'écart relativement faible entre les non Kanak et les Européens.

¹⁰ Score moyen obtenu dans l'évaluation de la dimension Soutien Social de la culture d'entreprise

¹¹ Score moyen obtenu dans l'évaluation de la dimension Règles et Procédures de la culture d'entreprise

¹² Score moyen obtenu dans l'évaluation de la dimension Innovation de la culture d'entreprise

¹³ Score moyen obtenu dans l'évaluation de la dimension Objectifs de la culture d'entreprise

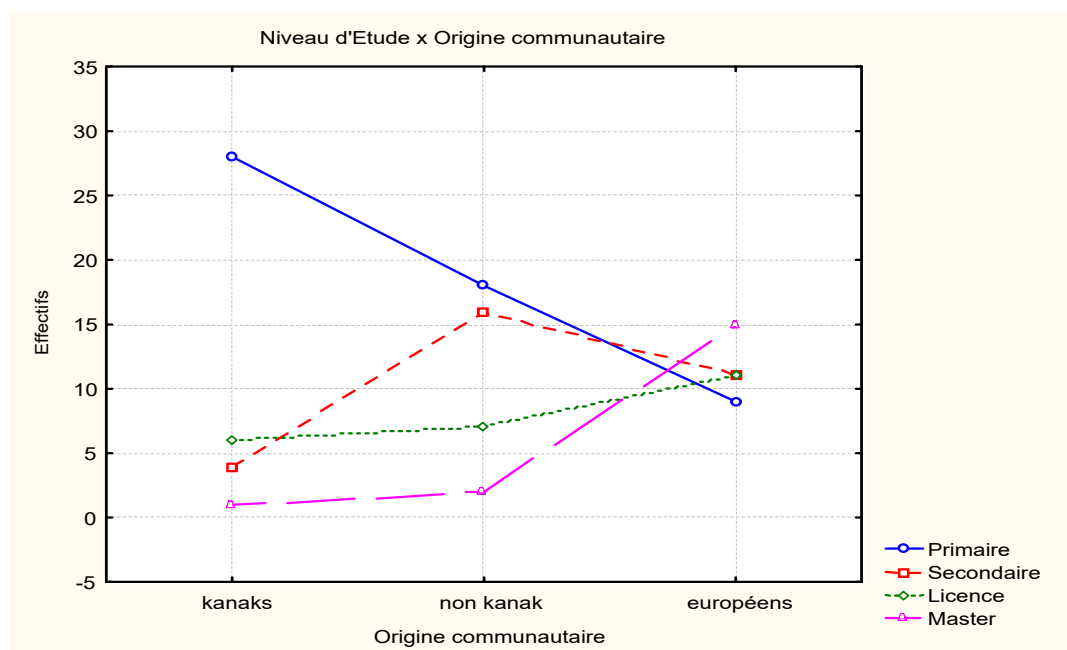


Fig. 3. Répartition des salariés par niveaux d'études et selon l'appartenance communautaire (Breakdown of employees in different levels of study based on the Community origin). NB : les effectifs sont indiqués en pourcentage.

Si on peut considérer que le respect des règles est un attribut du fonctionnement tribal, à quoi peut-on rattacher le besoin de changement qui se manifeste avec une acuité nouvelle. Cela traduit probablement une quête de modernisation. A la SLN, l'innovation fait partie des éléments du discours public et alimente la communication de l'entreprise. De manière générale, la perception de la culture d'entreprise ne varie pas selon le niveau hiérarchique ($F_{(2,427)} = 1,26$; $p = 0,26$ NS¹⁴). On note néanmoins une légère différence en faveur des cadres ($M(CE^{15})_{SS} = 3,32$) qui se distinguent significativement des ouvriers ($M(OE^{16})_{SS} = 2,18$). Autrement dit, on observe que les scores enregistrés chez les cadres dans l'évaluation des quatre dimensions de la culture d'entreprise sont supérieurs à ceux des agents de maîtrise et des ouvriers. Mais cette différence n'est significative que par rapport aux ouvriers. En revanche, l'interaction entre le statut hiérarchique et l'origine communautaire révèle des effets très marqués sur la perception de la culture d'entreprise ($F_{(8,426)} = 1,86$; $p < 0,05$). Cela montre bien que l'origine communautaire, en conditionnant le statut de chaque salarié dans l'entreprise, influence la perception de la culture d'entreprise.

5.2.2 INTERACTION ENTRE ORIGINE COMMUNAUTAIRE ET STATUT HIÉRARCHIQUE

Table 2. Effet de l'interaction entre communauté d'appartenance et statut hiérarchique sur la perception de la culture d'entreprise.

	Tests Multivariés					
	Test	Valeur	F	Effet (dl)	Erreur (dl)	P
Ord. Origine	Wilk	0,061856	455,0008	4	120	0,0000
Community belonging [1]	Wilk	0,818997	3,1497	8	240	0,002075
Hierarchical status [2]		0,865554	2,2459	8	240	0,024945
[1] * [2]		0,787819	1,8636	16	367,2437	0,022565

¹⁴ Non significatif

¹⁵ Cadres Européens

¹⁶ Ouvriers Européens

L'effet du statut hiérarchique du salarié sur la perception de la culture d'organisation varie selon l'origine communautaire. Cette observation est plus marquée sur la dimension du soutien social de la culture d'entreprise. Nous avons choisi d'illustrer ce résultat dans la Figure 3 ci-dessous.

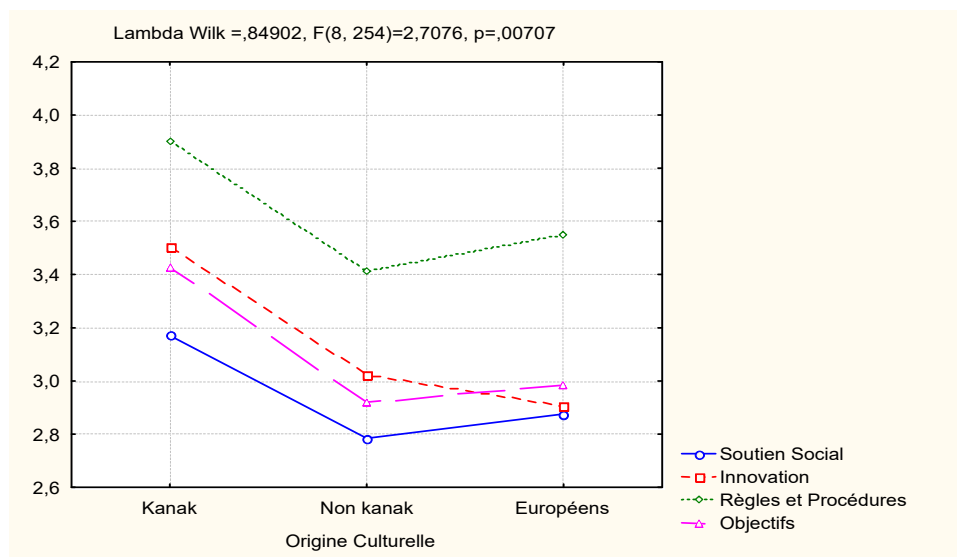


Fig. 4. Représentation graphique des dimensions de la culture d'entreprise en fonction de l'origine communautaire (Perceived the corporate cultural dimensions according to the Community origin). NB : les effectifs sont indiqués en pourcentage.

Tout d'abord, nous savons que les salariés kanak et ceux non kanak sont majoritairement des ouvriers (24% de l'échantillon) et agents de maîtrise (14%) à la SLN. Cela contraste avec les Européens qui sont souvent cadres (15%) ou agent de maîtrise (23%). Cette répartition différente des effectifs en fonction de l'origine communautaire affecte la perception des attributs de l'entreprise. Les Kanak, cadres ou non, enregistrent les scores les plus élevés sur l'évaluation de toutes les dimensions de la culture d'entreprise. Cette perception est plus marquée chez les cadres, nettement moins nombreux que les autres catégories de salariés. Les ouvriers ($M_{SS} = 2,7$) et agents de maîtrise ($M_{SS} = 2,9$) non kanak enregistrent les scores inférieurs à ceux des Kanak ($M_{SS} = 3,2$) sur toutes les dimensions de la culture d'entreprise. Leurs scores sont comparables à ceux des Européens ($M(AME)_{SS} = 2,9$; $M(CE)_{SS} = 3,3$) sur l'évaluation des règles et procédures. C'est probablement cette communauté de salariés qui est en quête d'exemplarité et de plus de justice procédurale. On peut supposer que les ouvriers et agents de maîtrise non kanaks sont ceux-là même qui vivent mal les avantages, quoique, mineurs dont bénéficieraient les salariés kanaks. Ils sont en quête d'un mode de fonctionnement qui privilégie les valeurs d'égalité, de mérite, de rigueur et de rentabilité et semblent plus exigeants en matière d'objectifs, de soutien social et d'innovation.

5.3 ANALYSE DU RÔLE MÉDIATEUR DU POSITIONNEMENT IDENTITAIRE DANS LA RELATION ENTRE LE STATUT HIÉRARCHIQUE ET L'ENGAGEMENT.

5.3.1 EFFETS DIRECTS DU POSITIONNEMENT IDENTITAIRE ET DU STATUT HIÉRARCHIQUE SUR L'ENGAGEMENT

Il semble que le niveau et la forme de l'engagement des salariés envers l'entreprise ne varient pas significativement d'une communauté à l'autre ($F_{(2,427)} = 1,79$; $p > 0,1ns$). Pour tous les salariés, c'est la dimension affective de l'engagement qui domine ($M_{EA} = 2,63$), suivie de l'engagement calculé ($M_{EC} = 2,48$). Ce sentiment d'attachement émotionnel vis-à-vis de l'entreprise augmente avec l'âge ($\beta = 0,26$; $p = 0,003$). Il apparaît globalement que le niveau d'engagement envers l'entreprise ne varie pas en fonction du statut hiérarchique ($F_{(2,427)} = 1,83$; $p > 0,09$). Toutefois, des différences sensibles ont pu être observées en ce qui concerne l'engagement calculé, largement dominant chez les agents de maîtrise ($M(AM)_{EC} = 2,62$) par rapport aux cadres ($M(C)_{EC} = 2,32$) et aux ouvriers ($M(O)_{EC} = 2,40$). L'engagement affectif apparaît dominant aussi bien chez les agents de maîtrise que chez les cadres et les ouvriers.

5.3.2 INTERACTION ENTRE ORIGINE COMMUNAUTAIRE ET STATUT HIÉRARCHIQUE

Table 3. Effet de l'interaction entre communauté d'appartenance et statut hiérarchique sur l'engagement

	Tests Multivariés					
	Test	Valeur	F	Effet (dl)	Erreur (dl)	P
Ord. Origine	Wilk	0,034998	1112,103	3	121	0,00000
Community belonging [1]	Wilk	0,910295	1,941	6	242	0,075005
Hierarchical status [2]	Wilk	0,858858	3,188	6	242	0,004973
[1] * [2]	Wilk	0,838844	1,834	12	320,4274	0,042108

Nos résultats montrent que l'effet du statut hiérarchique du salarié sur l'engagement envers l'entreprise varie lorsqu'on considère conjointement les trois dimensions (affectif, normatif et calculé) d'une communauté à l'autre ($F_{(6,12)} = 1,83$; $p < 0,05$). Il semble globalement que les cadres expriment un niveau d'engagement global supérieur à celui des ouvriers et agents de maîtrise. La Figure 3 ci-dessous montre que le niveau d'engagement affectif des agents de maîtrise européens ($M(AM)_{EA} = 2,8$) est plus élevé que celui de leurs homologues Kanak ($M(AM)_{EA} = 2,68$) et non Kanak ($M(AM)_{EA} = 2,60$). Les cadres non kanak ($M(C)_{EA} = 2,94$) obtiennent les scores les plus bas sur cette dimension.

S'agissant du niveau d'engagement normatif, les cadres kanak ($M_{EN} = 2,90$) expriment un sentiment plus fort que leurs homologues non kanak ($M_{EN} = 2,22$) et européens ($M_{EN} = 2,09$). En revanche, l'engagement calculé domine chez les agents de maîtrise de toutes les communautés de salariés par rapport aux autres catégories socioprofessionnelles (cadres et ouvriers). Cette domination est plus marquée chez les Kanak.

Ces observations n'apportent qu'un soutien mitigé à notre hypothèse H2 selon laquelle : le niveau d'engagement envers l'entreprise des membres de chacune des catégories socioprofessionnelles (cadres, agents de maîtrise, ouvriers) varie selon la communauté d'origine. Certes, le positionnement identitaire médiatise les effets du statut hiérarchique sur le niveau d'engagement global (ce que valident, selon le modèle de Kenny et Judd (1984), l'absence des effets directs des deux facteurs et des effets d'interactions significatifs. Mais, pris séparément, les dimensions de l'engagement ne confirment pas ces résultats comme le montrent le graphique de la Figure 4 ci-dessous.

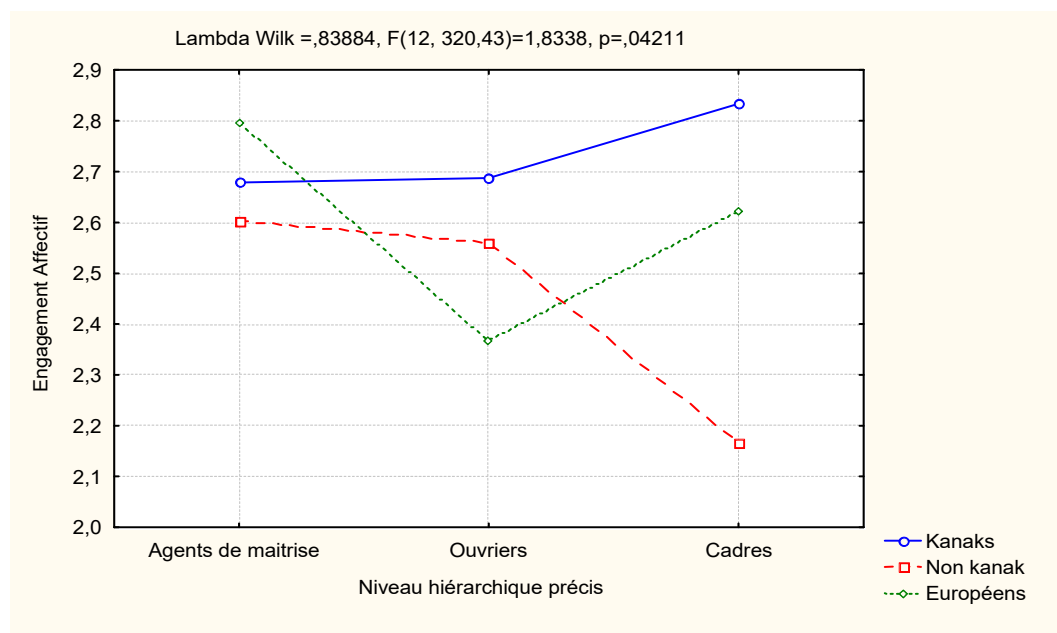


Fig. 5. Représentation graphique de l'engagement affectif selon le niveau hiérarchique et l'origine communautaire (the representation of the emotional commitment based on hierarchical level and the Community origin).

6 DISCUSSION

Dans le cadre cette analyse, nous avons situé les salariés par rapport à certaines dimensions de leurs relations avec la SLN comme la culture organisationnelle et l'engagement. Ce travail a révélé notamment que les communautés kanak et européenne sont en confrontation permanente pour occuper les places privilégiées sur l'échiquier social. À l'issue des Accords de Matignon et de l'Accord de Nouméa¹⁷, la volonté politique commence à bénéficier à la communauté kanak, donnant l'impression d'un traitement de faveur, lequel peut créer des crispations et des frustrations chez d'autres, provoquant ainsi des rapports différenciés vis-à-vis de l'entreprise. Cette réalité sociale se traduit dans l'entreprise par la distribution des postes selon l'origine communautaire. Partant de ces constats, nous avons cherché à préciser l'impact de l'origine communautaire et du statut hiérarchique sur la perception de la culture d'entreprise et l'engagement envers l'organisation. Il apparaît que le lien entre l'origine communautaire et le statut hiérarchique est systématique. Autrement dit, les salariés européens occupent principalement des postes de cadre. Ce lien entre origine communautaire et statut hiérarchique à la SLN est statistiquement significatif mais reste tenu car, les Kanak et les non Kanak ont finalement un destin assez semblable dans l'entreprise où ils arrivent souvent par recommandation familiale à des postes d'ouvriers et surtout d'agents de maîtrise, et ils connaissent une progression lente au gré des formations vers des postes à responsabilité modérée. Cette répartition différente des effectifs, en fonction de l'origine communautaire, affecte la perception de la culture organisationnelle et le niveau d'engagement envers l'entreprise. Les Kanak, cadres ou non, enregistrent les résultats les plus élevés sur l'évaluation de toutes les dimensions de la culture organisationnelle. Cette perception est plus marquée chez les cadres, nettement moins nombreux que les autres catégories de salariés. En outre, l'engagement affectif des agents de maîtrise européens est plus élevé que celui des Kanak et non Kanak. La dimension de l'engagement calculé domine chez les agents de maîtrise de toutes les communautés de salariés. Cette domination est plus marquée chez les Kanak qui voient dans la SLN une source d'emplois et de richesses. En travaillant dans cette entreprise, les Kanak (au moins ceux que nous avons rencontrés) sont entrés en contact avec la société de consommation qui crée des besoins, et dont la satisfaction passe nécessairement par le travail. Ces salariés ont bien compris que s'ils veulent garder, voire développer ce mode de vie né du rapport au travail salarié, il est préférable de préserver leur emploi. La présence dans nos résultats, à des niveaux comparables, de l'engagement calculé et l'engagement affectif, trahi une sorte de confusion entre l'attachement aux biens matériels acquis, grâce au travail, et l'attachement à l'entreprise qui a permis l'acquisition de ces biens. Ce rapport au travail salarié, longtemps rejeté par les Océaniens [36], est aujourd'hui devenu une réalité nouvelle et rentre progressivement dans les mœurs. La différence entre les dimensions de l'engagement semble tout d'un coup plus conceptuelle que réelle. On perçoit mieux la transition qui permet de passer de l'engagement calculé à l'engagement affectif. Le passage, s'effectuera par le calcul de la différence entre ce que l'individu désire et ce qu'il obtient. Dans tous les cas, les salariés de la SLN ne semblent pas être attachés à l'usine pour lui rendre autrement ce qu'elle leur a donné (faible engagement normatif). Ils expriment leur fierté d'appartenance à l'entreprise parce qu'elle rend possible la satisfaction des besoins fondamentaux. Cette observation pose le problème du sens du travail car, rappelons-nous, Les expériences qui donnent du sens dans la vie sont celles qui touchent à l'enstase (Compte-Sponville, 2006). Cela dit, il n'est pas rare que des personnes fassent une confusion entre l'amour du sens et le sens de l'amour. En réalité, les opérations mentales qui permettent à un individu de distinguer un engagement affectif (plaisir issu du travail proprement dit) de l'engagement calculé (exploitation des opportunités) sont tellement imbriquées que la plupart des salariés ne savent pas exactement où ils en sont, à un moment donné. Le traitement même qui est réservé aux salariés par les managers alimente cette confusion. Dans cette étude, cette confusion est probablement alimentée par la formulation des questions utilisées pour évaluer ces dimensions qui n'étaient peut-être pas suffisamment bien adaptées, compte tenu des réalités sociales.

Les rapports de force constatés sur le plan sociétal se reproduisent à moindre échelle dans l'entreprise où la compétence et le niveau hiérarchique sont utilisés comme des remparts à toutes revendications syndicales, communautaires. Cette réalité confirme notre hypothèse de recherche selon laquelle la reproduction de la complexité calédonienne des positionnements identitaires, au sein de la SLN, détermine la perception de la culture organisationnelle et médiatise les effets de la culture d'organisation sur l'engagement envers le travail et l'entreprise. Cependant, on ne peut pas reprocher à une entreprise de valoriser la compétence au service de l'efficacité recherchée. Toutefois, on peut développer la compétence à travers des formations, et l'entreprise aurait tout intérêt à le faire davantage pour tous afin de favoriser l'accès à des postes de responsabilités, à toutes les communautés d'individus qui composent sa masse salariale et ainsi, favoriser l'expression même de la diversité et jouer son rôle d'intégrateur des comportements. Les résultats de cette recherche montrent bien que l'histoire

¹⁷ Depuis les signatures des Accords de Matignon (1988) et de l'Accord de Nouméa (1998), la Nouvelle-Calédonie s'est engagée sur la voie du « rééquilibrage » en faveur de la communauté kanak, peuple autochtone longtemps discriminé (Hadj, Lagadec, Lavigne, & Ris, 2012)

et les enjeux socioéconomiques de la SLN se confondent avec ceux du pays tout entier. Sur le plan purement managérial, cette recherche propose des pistes à la SLN pour aborder le problème essentiel qui consiste à aider les salariés à donner du sens à leur travail et fédérer les efforts individuels pour les rendre mutuellement rentables et économiquement efficaces. Car, rappelons-le, pour avoir les meilleurs clients et les garder, il convient d'avoir les meilleurs salariés et les garder. Il reste cependant que, au niveau opérationnel, la difficulté d'identifier de façon précise les déterminants culturels, celle de généraliser une approche et l'absence d'outils méthodologiques ont conduit à laisser à la SLN le soin d'opérer elle-même le diagnostic de sa sensibilité sociale. Une collaboration entre l'entreprise et la communauté scientifique pourrait contribuer à faire émerger des solutions proprement calédoniennes. Les débats théoriques soulevés dans cette recherche sur l'étude des communautés en Nouvelle-Calédonie et la question des influences réciproques entre les individus et leur communauté d'appartenance trouveront certainement des réponses dans les recherches fondamentales [24].

REFERENCES

- [1] W. Doise, *L'explication en psychologie sociale*, Paris: Presses Universitaires de France, 1982.
- [2] H. Tajfel and J. Turner, The social identity theory of intergroup behavior, In S. Worchel, & W. Austin, *Psychology of intergroup relations* (pp. 7-24), Chicago: Nelson-Hall, 1986.
- [3] F. Barth, *Ethnic groups and thier boundaries: the social organization of group differences*. Oslo: Universiteitforlaget, 1969.
- [4] J. Viratelle, and T. Christian, *Histoire de la Nouvelle-Calédonie*, Maison de la Nouvelle-Calédonie, 2010.
- [5] J. Sidanius, and F. Pratto, *Social dominance: an intergroup theory of social hierarchy and oppression*, (C. U. Press, Ed.) New Work, 1999.
- [6] R. Mowday, R. Seers, and L. Porter, The measurement of organizational commitment, *Journal of Vocational Behavior*, *Academy of Management Review*, 14, 224-247, 1979.
- [7] Y. Wiener, *Commitment in organizations: A normative view*, 7, 418-428, 1982.
- [8] H. S. Becker, Notes on the concept of commitment, *American Journal of Sociology*, 66, 32-40, 1960.
- [9] L. Herscovitch, and J.P. Meyer, Commitment in the workplace a general model. *Human Resource Management Review*, 11, 299-326, 2001.
- [10] C. Lemoine, Vers une nouvelle place du travail. In *Traité de Psychologie du Travail et des Organisations*, Paris: Dunod, 2010
- [11] S. P. Robbins, and M. Coulter, *Management*. Pearson Education, 11th Ed, New Jersey, 2010.
- [12] R. J. Burke and E. Deszca, Preferred organizational climates of Type A individuals, *Journal of Vocational Behavior*, 21, 50-59, 1982.
- [13] S. Roccas, and M. B. Brewer, Social identity complexity, *Personality and Social Psychology Review*(6), 88-108, 2002.
- [14] M. Leenhardt, *Do Kamo, la Personne et Mythe dans le monde mélanésien*, Paris: Gallimard, 1947.
- [15] M. Salaün, *L'école Indigène. Nouvelle-Calédonie, 1885-1945*, Presse Universitaire de Rennes, 2005.
- [16] B. Rigo, *Lieux-dits d'un malentendu culturel: Analyse anthropologique et philosophique du discours occidental sur l'altérité polynésienne*. Singapour: Au Vent des Îles, 2004.
- [17] H. Mokadem, Le destin commun à l'épreuve du corps électoral. In M. Chatti, N. Clinchamps, & S. Vigier, *Pouvoir (s) et Politique (s) en Océanie* (pp. 90-133), L'Harmattan, 2007.
- [18] X. Chrysoschoou, *Cultural diversity: its social psychology*, Oxford: Blackwell, 2004.
- [19] C. Kiesler, *The Psychology of commitment*, New York: Academic Press, 1971
- [20] B. Rigo, *Altérité polynésienne et conscience occidentale*. Nouméa: Université de la Nouvelle-Calédonie, 2002.
- [21] G. Karnas, and L. Nkomondo, Analyse de la compatibilité entre styles professionnels et critères d'évaluation du personnel par la méthode des images réciproques, *Le Travail Humain*, 56(2-3), 171-184, 1985,
- [22] K. McDermott, K. Heather, S. Laschinger, and J. Shamain, Work empowerment and organizational commitment, *Nursing Management*, 27(5), 44-50, 1996.
- [23] N. J. Allen, and J. P. Meyer, The mesurment and antecedents of affective, continuance and normative commitment of the organization, *Journal of Occupational Psychology*, 63, 1-18, 1990.
- [24] M. Albrow, The dialectic of science and values in the study of organizations. In G. Salaman et K. Thompson (Éds), *Control and ideology in organizations*. Cambridge : MIT Press, 1980.
- [25] H. A. Murray, *Explorations in personality*, Boston, MA: Houghton Mifflin, 1938.
- [26] J. T. Tedeschi and V. Melburg, Impression management and influence in the organization. In Bacharach SB, Lawler EJ (Eds.), *Research in the sociology of organizations*
- [27] D. E. Super, A theory of vocational development. *American Psychologist*, 8,185-190, 1953
- [28] T. J. Peter, and R. H. Waterman, *In search of exellence*. New York: Harper and Row, 1982.
- [29] T. E. Deal and A. A. Kennedy, *Corporate cultures*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1982.

- [30] R. H. Quinn, and A. Rorhbaugh, A spatial model of effectiveness criteria: towards a competing value aproach to organizational analyses, *Management Science*, 29, 363-377, 1983.
- [31] R. H. Quinn, *Beyong Rational Management*, San Francisco, London: Jossey Bass, 1988.
- [32] J. C. Turner, Some current issues in rechearch on social identity and sel-categorisationtheories, In N. Ellemers, R. Spears, & B. Doosje, *Social Identity: context, commitment, content* (pp. 6-34), Oxford: Blackwell, 1999.
- [33] X. Chryssochoou, Studying identity in social psychology:some thoughts on the definition of identity and its relation to action. *language and politics*(2), 225-242, 2003.
- [34] J. Allen, N. Meyer, and C. Smith, Commitment to Organizations and Occupations: Extension and Test of a Tree-component conceptualization, *Journal of Applied Psychology*, 78, 538-551, 1993.
- [35] F. Stinglhamber, K. Bentein, and C. Vandenberghe, Congruence des valeurs et engagement envers l'organisation et le groupe de travail, *Psychologie du Travail et des Organisations*, 10, 105-228, 2004.
- [36] J. Audinet, *Le temps du métissage*, Paris: Editions l'Atelier, 1999.

Modélisation de l'érosion hydrique des sols cultivés ou non du plateau de Thiès (Sénégal)

[Water erosion modelling of cropped and uncropped soils on the Thies tray (Senegal)]

Abdoulaye Diédhiou^{1,2}, Mamadou Lamine Lo¹, Pape Babacar Diop Thioune^{1,3}, Mahécor Diouf¹, Mamadou Salif Diallo¹, and El Hadji Bamba DIAW¹

¹Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (LaSTEE), Ecole Polytechnique de Thiès BPA 10 Thiès, Sénégal

²Ecole Supérieure Polytechnique, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, corniche Ouest BP 5085 Dakar-Fann, Sénégal

³Université de Thiès, Institut Supérieur Formation Agricole et Rural (ISFAR) BP 54, Bambey, Sénégal

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The objective of the present work is to contribute to the study and the numerical modelling of the hydric erosion in the plateau of Thiès: through an application to the watershed of Kissane, according to the USLE (Universal Soil Loss Equation) model. The establishment of the USLE model requires data on the topography, the land use, the climatology and the pedology. One of the major difficulties in the elaboration of the model was the collection of relevant data. Indeed, the rural commune of Noto more exactly the village of Kissane is relatively little informed by the scientific bibliography. The geographical reference data on the topography, the precipitation, the land use either non-existent, or incomplete or obsolete on a small scale and the geo-referenced digital data are even rarer. The study, the combination of the data and in the modelling were operated in a Geographical Information System (GIS). Every factor is a digital estimation of a precise component that affects the gravity of the soil erosion in a given place. The realization of the land use map from the visual interpretation assisted by GIS, from the satellite imaging Landsat that covers the watershed of Kissane facilitated the extraction of the vegetation cover map, what allowed defining with more precision the most sensitive areas with erosion risk.

KEYWORDS: Kissane, water, soil, erosion, modelling.

RÉSUMÉ: Le présent travail a pour objectif de contribuer à l'étude et à la modélisation de l'érosion hydrique dans le plateau de Thiès : à travers une application au bassin versant de Kissane, selon le modèle USLE (Universal Soil Loss Equation). La mise en place du modèle USLE nécessite des données sur la topographie, l'occupation du sol, la climatologie et la pédologie. L'une des difficultés majeures à l'élaboration du modèle a été la collecte de données pertinentes. En effet, la commune rurale de Noto plus précisément le village de Kissane est relativement peu renseigné par la bibliographie scientifique. Les données géographiques de références sur, la topographie, les précipitations, l'occupation du sol sont inexistantes ou incomplètes à petite échelle et des données numériques géo référencées sont encore plus rares. L'analyse, la combinaison des données et la modélisation ont été opérées dans un système d'information Géographique (SIG). Chaque facteur est une estimation numérique d'une composante précise qui affecte la gravité de l'érosion du sol en un endroit donné. La réalisation de la carte d'occupation des sols à partir de l'interprétation visuelle assistée par SIG, de l'imagerie satellitaire Landsat qui couvre le bassin de Kissane a facilité l'extraction de la carte du couvert végétal, ce qui a permis de définir avec plus de précisions les zones les plus sensibles au risque d'érosion.

MOTS-CLEFS: Kissane, eau, sol, érosion, modélisation.

1 INTRODUCTION

Depuis plus d'une décennie, une tendance à la baisse du taux de croissance de la production agricole mondiale a été constatée et, plus particulièrement en ce qui concerne les céréales. En effet, après une progression de 2,3 % par an en moyenne entre 1950 et 1984, les rendements en céréales n'ont augmenté que de 1,8 % par an entre 1980-1984 et de 0,5 % dans les années 1990, soit moins du tiers du taux d'accroissement de la population mondiale. Cette baisse est surtout attribuée à la dégradation accélérée des sols [1]. Cette dégradation des sols va de la pollution à la salinisation causées par l'utilisation abusive de produits chimiques (fertilisants, pesticides etc.), en passant par l'érosion issue des mauvaises pratiques culturales. L'érosion est la forme la plus courante du processus de dégradation des sols. Selon des estimations empiriques faites sur une base annuelle, elle entraîne en moyenne de 5 à 10 tonnes de sol par hectare en Afrique, en Europe et en Australie, de 10 à 20 tonnes par hectare sur tout le continent américain, et près de 30 tonnes par hectare en Asie [1].

Ce processus de dégradation accélérée des sols constaté dans plusieurs régions dans le monde est également très présent au Sénégal [2].

Le principal objectif de ce travail est de faire une Contribution à l'étude et à la modélisation de l'érosion hydrique dans le plateau de Thiès : par le biais d'une application au bassin versant de Kissane.

La méthodologie est basée sur des développements théoriques s'appuyant sur de nombreux travaux expérimentaux recensés dans la littérature.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 DESCRIPTION DE LA ZONES D'ÉTUDE

La commune de Notto Djobass est localisée au centre de la région de Thiès. Elle est située à 12 km de la ville de Thiès et limitée au Nord-Ouest par la commune de Fandène, au Nord- Est par Thiéneba, au sud par la commune de Tassette et le département de Mbour et enfin à l'ouest par la commune de Keur Moussa. La commune regroupe 67 villages et couvre une superficie de 252,1 km². Sa population est estimée à 49 614 habitants [2]. La zone d'étude concerne plus particulièrement le village de Kissane.

La commune rurale est subdivisée en cinq (05) Zones : Zone 1 : Baback, Zone 2 : Pout Diack, Zone 3 : Hanène, Zone 4 : Sanghé, Zone 5 : NottoDiobass.

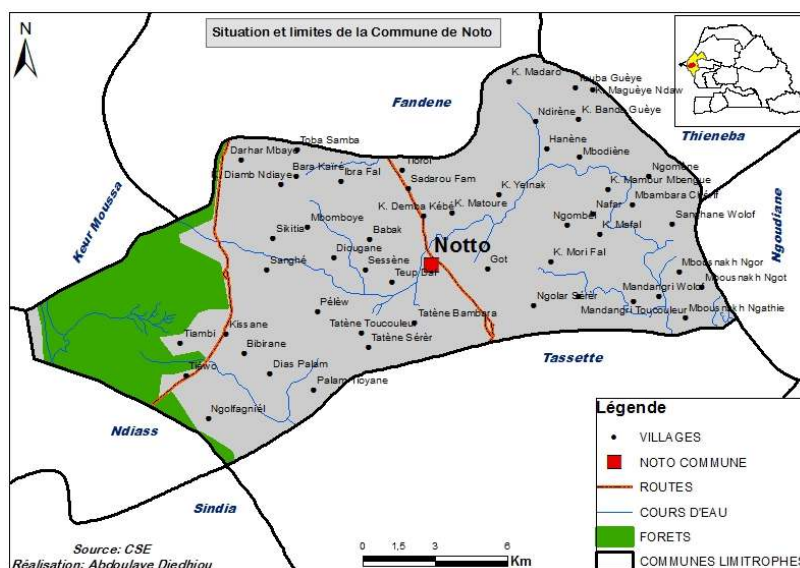


Fig. 1. Plan de situation de la zone de l'étude

2.2 METHODOLOGIE

Des campagnes de terrains seront menées pour le prélèvement d'échantillons de sol au niveau du bassin versant de Kissane. A partir de cartes Topographiques et d'informations tirées de la littérature, nous ciblerons des sites de sondages qui feront l'objet de ces campagnes de terrains. Les échantillons prélevés ont été testés au Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (LASTEE) – EPT conformément au programme géotechnique comprenant les essais suivants :

- La granulométrie par tamisage ;
- Les limites de consistance ou d'Atterberg ;
- L'essai équivalent de sable si les limites sont indéterminables ;
- Détermination de la teneur en matière organique ;
- Indice de stabilité structurale de Henin.

Selon le modèle USLE, l'érosion est une fonction multiplicative (Eq.1) tenant compte de l'érosivité des pluies (facteur R) et de la résistance du milieu (facteurs C, K, LS, P). Chaque facteur est une estimation numérique d'une composante précise qui affecte la gravité de l'érosion du sol en un endroit donné. Cinq facteurs servent à calculer les pertes en sol (A) : la topographie (LS), l'agressivité des précipitations (R), l'érodibilité du sol (K), le couvert végétal (C), les pratiques antiérosives (P), dont l'équation se présente sous la forme :

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

A : exprimant les pertes en sol annuelles moyennes possibles à long terme (t / ha.an),

R : exprimant l'indice d'érosivité des pluies (MJ.mm/ha.h.an),

K : exprimant l'indice d'érodibilité des sols (t. ha.h /ha.MJ.mm),

LS : exprimant le facteur de déclivité (adimensionnel),

C : exprimant le facteur végétation (adimensionnel),

P : exprimant le facteur de pratique de soutien (adimensionnel),

La mise en place du modèle USLE nécessite des données sur la topographie, l'occupation du sol, la climatologie et la pédologie. L'une des difficultés majeures à l'élaboration du modèle a été la collecte de données pertinentes. En effet, la commune de Notto plus précisément le village de Kissane est relativement peu renseigné par la bibliographie scientifique. Les données géographiques de références sur la topographie, les précipitations, l'occupation du sol sont soit inexistantes, soit incomplètes ou obsolètes à petite échelle et les données numériques géoréférencées sont encore plus rares.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats présentés détaillent d'une part le calcul et la spatialisation des différents facteurs de l'équation USLE (R, K, LS, C, P) et d'autre part la spatialisation et l'estimation des pertes de sols potentiellement émises (A) sur le bassin versant de Kissane. Les résultats trouvés dans le cadre de cette étude permettent de mettre en évidence le potentiel érosif du bassin versant de Kissane. Ils permettent une estimation des pertes de sols moyenne annuelle potentiellement fournie pour chaque maille de 100 m du bassin versant selon la modélisation USLE.

3.1 EVALUATION DU FACTEUR D'ÉROSIVITÉ DES PLUIES

L'érosivité des pluies a été calculée suivant l'équation de FOURNIER modifiée ARNOLDUS [3] en utilisant les précipitations mensuelles des mois allant de septembre à août, sur la période 2006/2017, de la station pluviométrique située dans la région de Thiès. Elle est donnée par l'équation (2) ci-dessous :

$$RI = \frac{\sum_{i=1}^{12} (MR)^2}{AR} \quad (2)$$

Avec *MR* : pluviométrie mensuelle en mm ; *AR* : Pluviométrie annuelle en mm.

Les valeurs moyennes de l'érosivité des pluies sur la période de 2006/2017, en effectuant la moyenne des indices d'érosivité des pluies des différentes périodes, ont ensuite été spatialisées, par interpolation, à l'échelle du bassin versant.

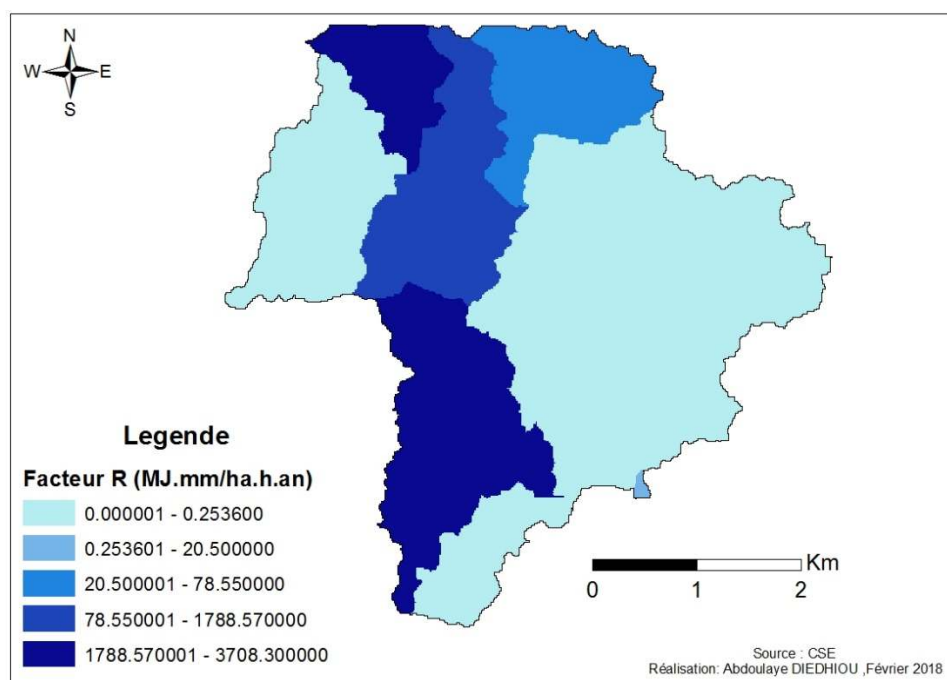


Fig. 2. Facteur R

3.1.1 CALCUL DE LA TOPOGRAPHIE LS

Ce facteur représente l'effet combiné de la longueur et l'inclinaison de la pente.

3.1.1.1 POUR UNE PENTE RÉGULIÈRE

Suite à l'analyse de régression des résultats des parcelles d'érosion, Smith et Wischmeier [4] établirent les relations suivantes pour le facteur "L":

$$L = \left\{ \frac{\lambda}{221} \right\}^m \quad (3)$$

Avec L le facteur de longueur de la pente ; λ est la longueur de la pente (m) ; m exposant, généralement égale à 0,5.

Le facteur "S" est donné par l'équation [4] ci-dessous :

$$S = 0,065 + 0,045s + 0,0065s^2 \quad (4)$$

S étant le facteur d'inclinaison de la pente ; s est l'inclinaison de la pente (%).

La longueur de la pente représente le trajet que peut faire l'écoulement depuis le haut de la pente jusqu'à une structure d'interception.

L'exposant "m" est variable et est grandement influencé par les caractéristiques des sols, l'interaction pente – longueur et l'ampleur des tempêtes. L'influence de l'inclinaison de la pente a été expérimentée pour des pentes variant de 3% à 22%.

3.1.1.2 POUR UNE PENTE IRRÉGULIÈRE

Pour les pentes irrégulières et complexes, Foster et Wischmeier [5] ont mis au point une méthode pour évaluer le facteur LS. La pente est divisée en plusieurs tronçons et le facteur LS calculé ainsi pour un exposant m de 0.5.

$$LS = \frac{1}{\lambda_e^{22,1^{0,5}}} \sum_{i=1}^n S_i \lambda_i^{1,5} - S_i \lambda_{i-1}^{1,5} \quad (5)$$

λ_e = longueur totale de la pente depuis le haut jusqu'au point d'interception

n = nombre de tronçons

λ_i = longueur depuis le haut de la pente jusqu'à la fin du tronçon "i"

λ_{i-1} = longueur depuis le haut de la pente jusqu'au début du tronçon "i"

S_i = facteur d'inclinaison de la pente

Un programme informatique a été réalisé et un exemple de calcul est présenté au tableau 1.

Tableau 1. Calcul du facteur LS pour la pente complexe

Tronçon	$\lambda_i(m)$	$\lambda_{i-1}(m)$	s: pente %	S	U2*	U1*	U2-U1	λ_e	$\frac{U2-U1}{\lambda_e}$	LS	%**
1	122,22	0	8	0,84	242	0	242	1000	0,24	0,2417	4
2	225	122,22	10	1,17	836	335	502	1000	0,50	0,7433	8
3	271,4	225	8	0,84	800	604	196	1000	0,20	0,9393	3
4	600	271,4	9	0,99	3115	948	2168	1000	2,17	3,1069	35
5	687,5	600	8	0,84	3225	2629	596	1000	0,60	3,7026	10
6	777,78	687,5	8	0,84	3880	3225	656	1000	0,66	4,3582	11
7	855,56	777,78	8	0,84	4477	3880	596	1000	0,60	4,9546	10
8	862,5	855,56	7	0,69	3764	3718	45	1000	0,05	4,9999	1
9	875	862,5	8	0,84	4630	4531	99	1000	0,10	5,0988	2
10	912,5	875	9	0,99	5843	5486	356	1000	0,36	5,4553	6
11	1000	912,5	8	0,84	5657	4931	726	1000	0,73	6,1813	12
							6181,28		6,18		

**Contribution de chaque tronçon

La méthode permet aussi de connaître les tronçons qui contribuent le plus à l'érosion et d'y concentrer notre action. Dans notre cas, le tronçon n°4 contribue à 35% de toute l'érosion de la pente.

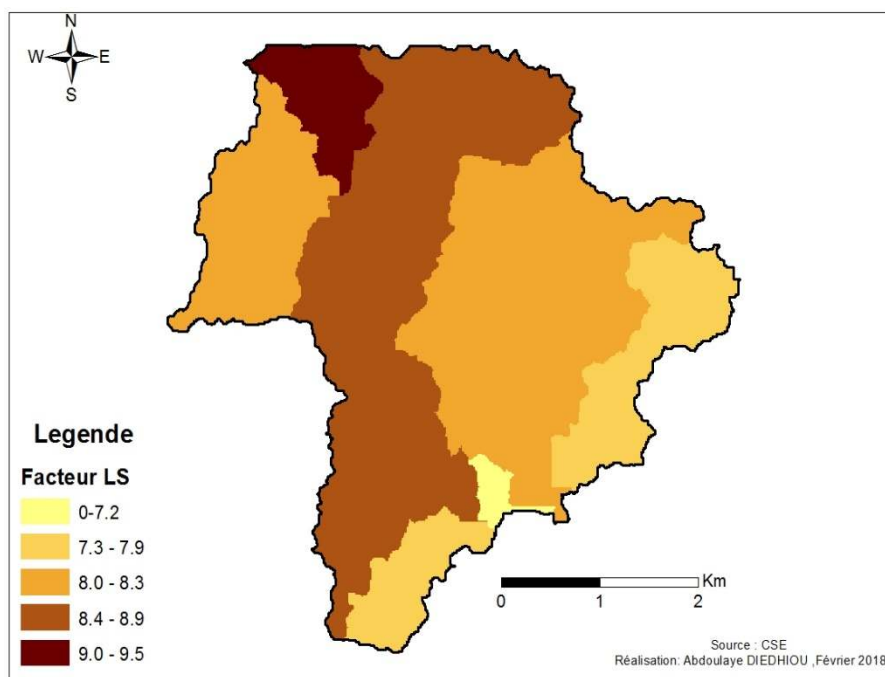


Fig. 3. Facteur LS

Tableau 2. Classes de pentes

Classes	Type de pente
0 – 2%	Nulle à faible
2 – 6 %	Modérée
6 – 11%	Forte Moyenne
> 11 %	Très forte

3.1.2 CALCUL DU FACTEUR D'OCCUPATION ET DE CONSERVATION DES SOLS C ET P

Le couvert végétal protège les sols et assure l'amortissement des gouttes de pluie, le ralentissement du ruissellement et de l'infiltration. Ainsi, pour une végétation basse, les pertes de sols diminuent avec l'augmentation du couvert végétal [6]. Le facteur C est défini comme le rapport entre les pertes en sols nus sous des conditions spécifiques et les pertes en sol correspondants aux sols sous système d'exploitation [7], [8]. Une typologie des différents types d'occupation du sol a donc été réalisée à partir de la base de données du CSE. La sensibilité à l'érosion des différentes classes (tableau 2) est par la suite déterminée à partir des données issues de travaux réalisés au Madagascar [9].

Tableau 3. Facteur d'occupation du sol C en fonction du type d'occupation du sol

Type d'occupation du sol	Facteur C
Sol nu	1
Forêt dégradée	0,7
Savane arborée et arbustive	0,3
Savane herbeuse dégradée	0,6
Mosaïque de culture	0,5
Mangrove	0,28
Surface bâtie	0,2
Zone reboisée	0,18
Rizière	0,15
Forêt dense	0,001
Plan d'eau	0

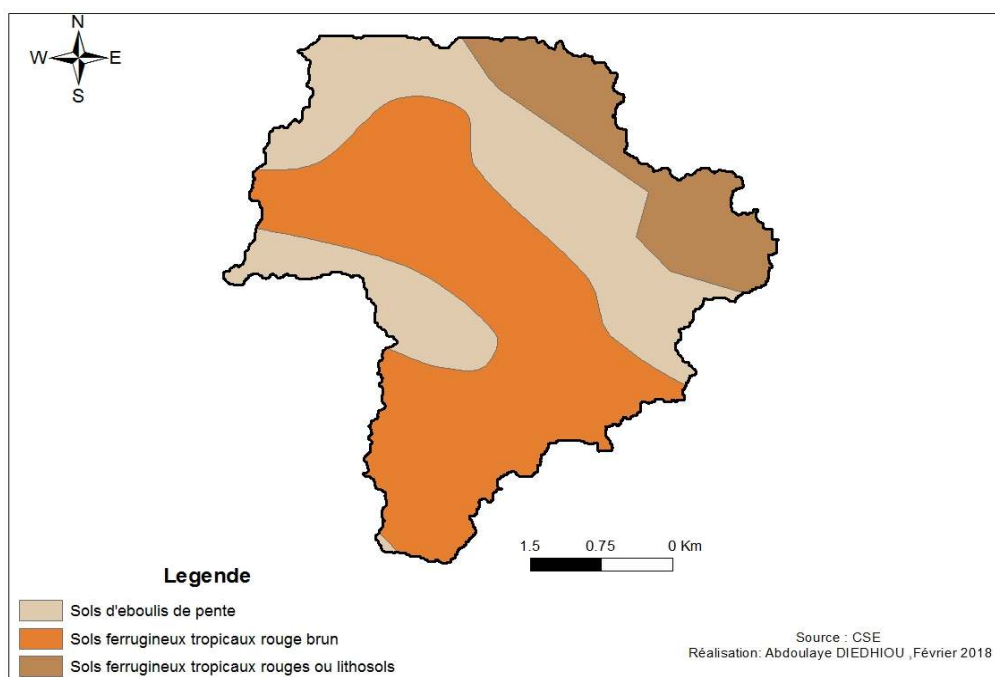


Fig. 4. Type de sol représenté sur le bassin versant de Kissane

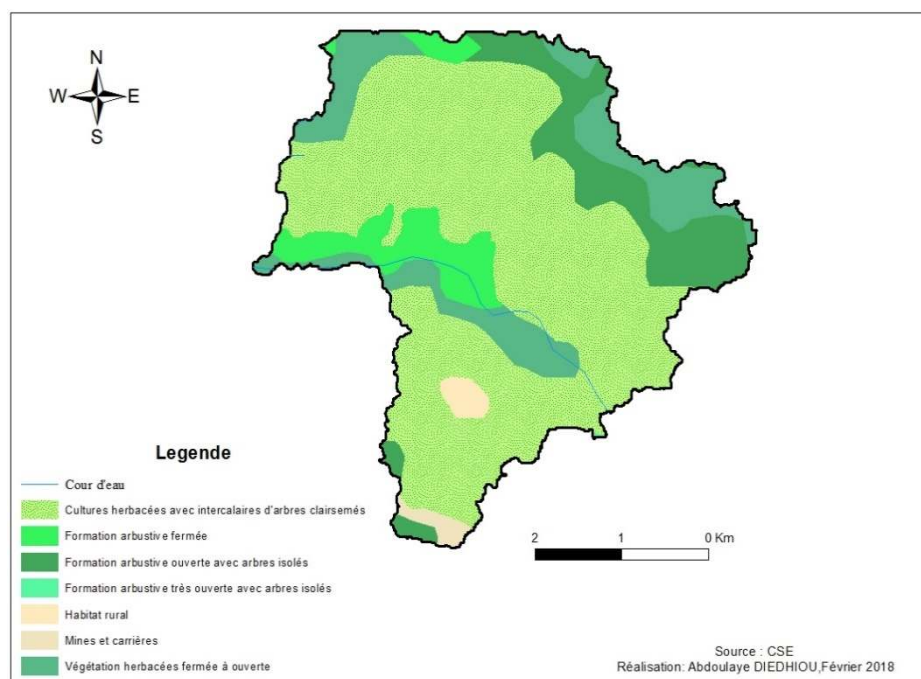


Fig. 5. Occupation du sol

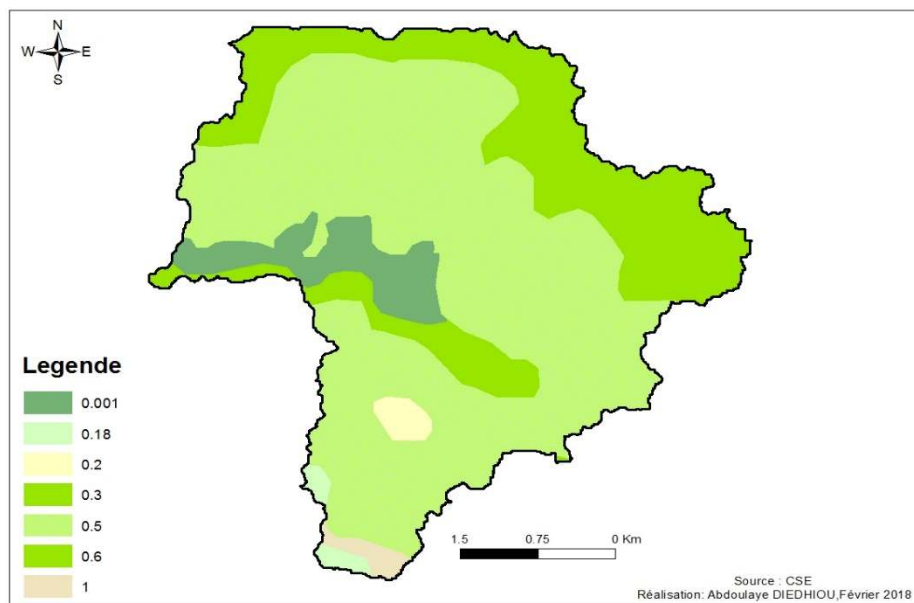


Fig. 6. Facteur C

3.1.3 CALCUL DE L'ÉRODABILITÉ DES SOLS (K)

Les propriétés physiques, chimiques et minéralogiques des sols ainsi que leurs interactions qui affectent les valeurs de K sont caractérisées par leur grande variabilité spatiale. De plus, chacun des mécanismes d'érosion agit sur une propriété spécifique du sol [10]. Cet état de fait rend complexe le calcul des valeurs de K pour les différents types de sol.

Malgré tout, plusieurs études ont été conduites afin de mesurer les valeurs de K relatives aux propriétés du sol. Parmi ces études, l'on peut mentionner celles de Wischmeier [11], de EL-Swaify et Dangler [12], de Romkens [13]. De toutes ces études, la méthode synthétisée par le nomogramme de sol construit par Wischmeier est la plus utilisée et la plus citée [9].

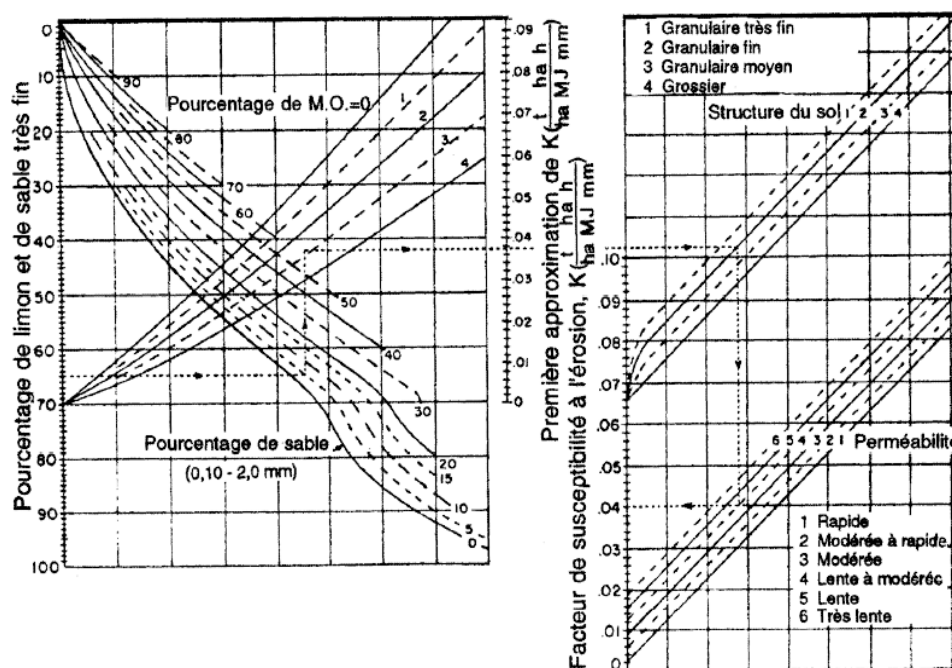


Fig. 7. Abaques pour la Détermination de l'indice d'Erodabilité de Wischmeier

Le principe de l'utilisation de l'abaque est relativement simple : Entrer dans l'abaque par la gauche, puis rejoindre les points correspondant à la teneur en sable, la teneur en MO la structure du sol et sa perméabilité (respecter cet ordre). La ligne pointillée illustre le cas d'un sol avec : L+Sf 65%, sable 5 %, MO 2.8%, structure 2, perméabilité 4, $K = 0,040$.

Une équation de régression a été établie pour estimer la valeur de K :

$$K = 2,8.10^{-7} M^{1,14} (12 - MO) + 0,0043(b - 2) + 0,0033(c - 3) \quad [6]$$

M est le facteur granulométrique = % Limon + %Sable très fin $\{100 - \%argile\}$; MO est la teneur en matière organique (%) ; b est le code de la structure du sol (granulaire très fine : 1 ; granulaire fine : 2 ; granulaire moyenne et grossière : 3 ; en block ou massive : 4) ; c est le code de la classe de perméabilité (rapide : 1 ; modéré à rapide : 2 ; modérée : 3 ; lente à modérée : 4 ; lente : 5 ; très lente : 6).

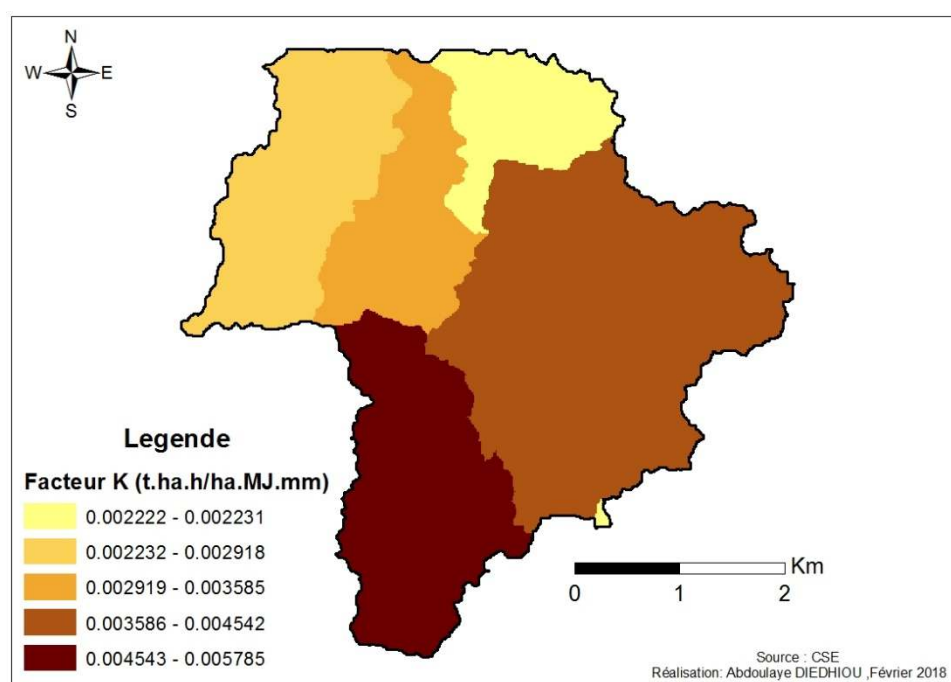


Fig. 8. Facteur K

3.1.4 ESTIMATION DES PERTES DE SOL (A)

Les résultats apportés dans le cadre de cette étude permettent de mettre en évidence les dynamiques d'érosion en nappe sur le bassin versant du village de Kissane. Le modèle USLE apporte une estimation moyenne potentielle des pertes de sols, fournie pour chaque maille de 100 m du bassin versant.

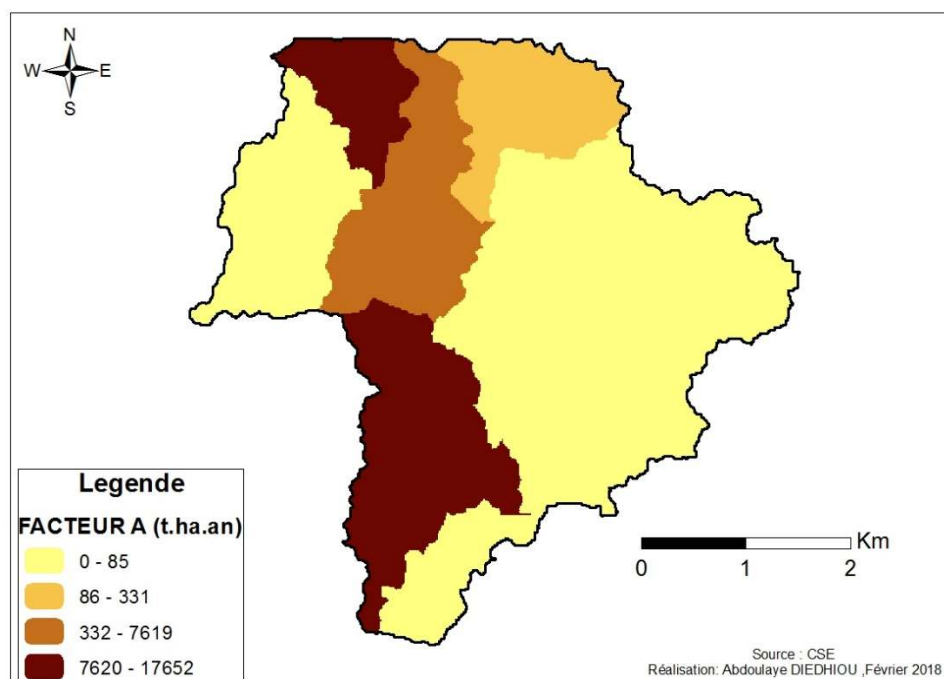


Fig. 9. Facteur A

3.2 DISCUSSIONS

3.2.1 CALCUL DU FACTEUR D'ÉROSIVITÉ DES PLUIES (R)

L'exploitation des données climatiques montre que suivant la distribution des précipitations en fonction des altitudes, la carte de spatialisation du facteur R (Fig. 2.) met en évidence un étagement croissant des valeurs avec la topographie. Ainsi, l'érosivité des pluies augmente naturellement là où la pente est très élevée. Les valeurs de R varient entre 0 et 3708 MJ.mm/ha.h.an avec une moyenne établie à 769 MJ.mm/ha.h.an.

3.2.2 LA TOPOGRAPHIE LS

Le facteur LS montre (Fig. 3.) l'importance de l'inclinaison et de la longueur de pente dans les processus de l'érosion en nappe et en rigole. La topographie relativement plane du bassin versant du village de Kissane implique tout naturellement une répartition des valeurs de LS assez faibles entre 0 et 9,5. La moyenne du facteur sur l'ensemble du bassin versant est évaluée à 8,24. Les valeurs les plus faibles : entre 0 et 7,2, du facteur topographique sont naturellement attribuées aux zones moins sensibles à l'érosion hydrique tandis que les zones où la topographie est élevée (tableau 1) correspondent aux zones les plus sensibles à l'érosion hydrique.

3.2.3 L'OCCUPATION DU SOL C ET LES PRATIQUES ANTIÉROSIVES P

L'approche développée pour le calcul du facteur d'occupation du sol C propose une estimation globale de la sensibilité de la couverture des sols sur le bassin versant de Kissane. Au vu des données disponibles, elle constitue un moyen faible pour la prise en compte du facteur C. La carte de répartition du facteur C (Fig. 6.) montre la sensibilité des différents types d'occupation du sol vis-à-vis des processus érosifs. Les zones de formation arbustive fermée sont associées au coefficient le plus faible (0,001), et les coefficients les plus élevés (1) correspondent aux mines et carrières (Fig. 6.)

3.2.4 L'ÉRODIBILITÉ DES SOLS K

Dans les pays tropicaux, l'érodibilité des sols est souvent moins importante que dans certains sols des pays tempérés. Cependant, la sensibilité des sols à l'érosion varie considérablement en fonction des sols, des saisons, des années et des techniques culturales [14]. La correspondance entre la texture des sols et l'érodibilité des sols a permis de mettre en évidence les sols les plus érodibles du bassin versant. Le facteur K varie entre 0,0022 et 0,0058 t.ha.h/ha.MJ.mm pour les sols les plus

sensibles à l'érosion. Les sols les plus érodibles correspondent aux sols d'érosion (sols d'éboulis de pente) et aux sols ferrugineux tropicaux rouges bruns (figure 8). La moyenne du facteur d'érodibilité des sols est de 0,0038.

3.2.5 ESTIMATION DES PERTES DE SOLS (A)

La carte (Fig. 9) de perte de sols montre que les valeurs de pertes en sols varient entre 0 et 17652 t/ha/an, selon les zones du bassin versant. La moyenne en perte de sol est évaluée à 3487 t/ha/an ce qui est considéré comme élevé.

4 CONCLUSION

La quasi-totalité des terrains du bassin versant de Kissane, ont subi des perturbations remarquables. La dégradation des ressources naturelles (perte en sol, dégradation du couvert végétale etc.) est due non seulement à certains effets naturels, mais aussi aux différentes interventions de l'homme, en fonction de l'ampleur et de l'action des groupements humains présents sur ce milieu.

L'objectif de cette étude était d'appliquer un modèle largement utilisé, le modèle USLE, à un contexte particulier, afin de mettre en évidence les dynamiques et les dégradations à l'échelle du bassin versant. Ainsi, une modélisation de l'érosion hydrique des sols à l'échelle du bassin versant a été mise en œuvre afin d'évaluer la contribution à l'érosion et d'y concentrer notre action. En perspective, il serait possible d'envisager un suivi des dynamiques d'occupation du sol, et d'apporter une meilleure description des facteurs C, K et LS afin d'affiner l'estimation des pertes de sols.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à exprimer leurs sincères remerciements au Centre de Suivi Ecologique (CSE) et à L'Agence Nationale pour l'Aviation Civile et Maritime (ANACIM) pour leur collaboration et pour toutes les informations aimablement fournies concernant la zone étudiée.

REFERENCES

- [1] Brown, L.R, Abramovitw, J., bright, C., Flaving, C., Gardner, G., Kane, H Platt, A., Postel, S., Roodman., D., sachs, A., et Starke L., L'état de la planète. Editions Economica, Paris-France, 1996.
- [2] Mamadou L. Lo, Alassane BA, Papa B.D. THIOUNE, Abdoulaye DIEDHIOU, EL Hadji B. DIAW, Water Erosion on the Thiés tray (Senegal): Study of the factors of the phenomenon using a Geotechnical Approach. Journal of scientific and Engineering Research, 5(4):220-230, 2018.
- [3] ARNOLDUS H.M.J., An approximation of the rainfall factor in the USLE. In : Assesment of erosion in USA and Europe, M. de BooDT et D.GABRIELS édit. John Wiley, Chchester (Angleterre), p. 127-132, 1980.
- [4] SMITH D. D and WISCHMEIER W. H., Rainfall erosion. Advances in Agron. 14: pp. 109-148. Academic Press, Inc. New York, p. 109-148, 3 tabl. , 4 fig. , 155 réf, 1962.
- [5] Foster, G. R. et Wischmeier, W .H., Evaluating irregular slopes for soil- loss prediction. Trans. Am. Soc. Agric. Engrs 17 (2), 305-309, 1974.
- [6] Soutter, M., A. Mermoud et Musy A., Ingénierie des eaux et du sol Processus et aménagements, presse polytechniques et universitaires romandes, 316 p, 2007.
- [7] Wischmeier, W. H. and D. D. Smith, Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning, USDA-ARS, 1978.
- [8] Abdelkader El Garouani, Hao Chen, Lawrence Lewis, Abdellatif Tribak, Mohamed Abharour. cartographie de l'utilisation du sol et de l'érosion nette à partir d'images satellitaires et du sig idrisi au nord-est du Maroc. Télédétection, Editions scientifiques GB, 8 (3), pp.193-201, 2008.
- [9] Evelyne Payet, Pascal Dumas et Gwenaëlle Pennober, Modélisation de l'érosion hydrique des sols sur un bassin versant du sud-ouest de Madagascar, le Fiherenana, VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 11 Numéro 3 | décembre 2011, mis en ligne le 20 septembre 2012, URL : <http://vertigo.revues.org/12591> ; DOI : 10.4000/vertigo.12591
- [10] Renard, K.G., Foster, G.A., McCool, D.K., et Yoder, D.C., Predicting Soil Erosion by Water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). U.S. Departement of Agriculture, Washington. Agriculture Handbook, 1991.
- [11] Wischmeier, W.H., Johnson, CB., Cross, B.V, A soil erodibility nomograph for farm land and construction sites. J. Soil Water Conserv. 26, 189-193, 1971.
- [12] Dangler E. W., EL-Swaify S.A., Erosion of selected Hawaii soils by simulated rainfall. Soil Sci. Soc. Am. J., 40 (5) (1976), pp. 769-773, 1976.

- [13] Romkens, M.J., Nelson, D.W. and Roth, C.B., Soil Erosion on selected High Clay Subsoils. Journal of Soil and water Conservation, 30,173-176, 1975.
- [14] Roose E et Sarrailh J. M., Érodibilité de quelques sols tropicaux ; vingt années de mesure en parcelles d'érosion sous pluies naturelles. Cahier. ORSTOM, série Pédologique, Volume XXV, n° 1-2, 7-30 pp, 1990.

Influence de l'aménagement sur la diversité et la prépondérance des espèces sources de Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) dans la forêt classée de Yapo-Abbé, en Côte d'Ivoire

[Influence of the development on the diversity and preponderance of species sources of Non-Timber Forest Products (NTFP) in the classified forest of Yapo-Abbé, Côte d'Ivoire]

Serge Cherry PIBA¹, Amoin Gervaise Kouamé¹, Annick Koulibaly², Richard Kouakoubah Donthy KOUAKOU¹, and Fezan Honora Tra Bi¹

¹Laboratoire des Physiologie, Pharmacologie et Phytothérapie, UFR Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Botanique, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The purpose of this study is to evaluate the diversity of source species of NWFP exploited in the Yapo-Abbé classified forest, and to determine the influence of forest block management on the preponderance of NWFP source species. Ethnobotanical investigations among 95 resource persons belonging to three riparian villages and surface surveys in the forest blocks served as a methodological basis. The results obtained indicate that 62 plant species are exploited by the populations. Five are commercial species replanted. *Annickia polycarpa*, *Landolphia owariensis*, *Khaya ivorensis*, and *Eremospatha macrocarpa*, the most important species, are threatened by logging, mainly used for NWFP collection. In forest blocks, the diversity and average number of useful species do not vary significantly, despite their difference in degree of exploitation. The Abbé block, the most degraded, but also the most reforested and enriched, has a high proportion of useful species ($F = 4.53$, $p = 0.016$). The average circumference of individuals, in relation to the availability of the non-wood resource, is also significantly higher in this block ($F = 11.63$, $p < 0.0001$). The management of degraded areas with commercial species with multiple uses has made it possible to increase the proportion of useful species and to maintain them at a certain level of availability comparable to or greater than the least developed areas. Management policies should take into account the integration of multipurpose species or NWFP sources for the sustainability of timber and non-timber resources.

KEYWORDS: NWFP source species, availability, sustainable management, Côte d'Ivoire.

RESUME: La présente étude a pour but d'évaluer la diversité des espèces sources de PFNL exploitées dans la forêt classée de Yapo-Abbé, et de déterminer l'influence de l'aménagement des blocs forestiers sur la prépondérance des espèces sources de PFNL. Des investigations ethnobotaniques, auprès de 95 personnes ressources appartenant à trois villages riverains, et des relevés de surface dans les blocs forestiers, ont servi de base méthodologique. Les résultats obtenus indiquent que 62 espèces végétales sont exploitées par les populations. Cinq sont des essences commerciales replantées. *Annickia polycarpa*, *Landolphia owariensis*, *Khaya ivorensis*, *Eremospatha macrocarpa*, les espèces les plus importantes, sont menacées par l'abattage, principalement utilisé pour la collecte des PFNL. Dans les blocs forestiers, la diversité et le nombre moyen d'espèces utiles ne varient pas significativement, malgré leur différence de degré d'exploitation. Le bloc Abbé, le plus dégradé, mais également, le plus reboisé et enrichi, présente une proportion d'espèces utiles élevée ($F = 4,53$; $p = 0,016$). La circonférence moyenne des individus, en rapport avec la disponibilité de la ressource non ligneuse, est également significativement plus importante dans

ce bloc ($F = 11,63$; $p < 0,0001$). L'aménagement des zones dégradées avec des essences commerciales dotés d'un usage multiple a permis d'accroître la proportion d'espèces utiles et de les maintenir à un certain niveau de disponibilité comparable voir supérieur aux zones les moins aménagées. Les politiques de gestion devraient prendre en compte l'intégration d'espèces à usages multiples ou sources de PFNL pour la pérennisation des ressources ligneuses et non ligneuses.

MOTS-CLEFS: espèces sources de PFNL, disponibilité, aménagement durable, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Les écosystèmes tropicaux sont des réservoirs de ressources naturelles essentielles aux populations [1] et aux Etats [2]. L'attractivité des forêts, leur potentiel en ressources naturelles et en surfaces fertiles favorables à l'agriculture, sont les principales causes de leur surexploitation et de leur destruction [3], [4]. Outre la raréfaction des produits ligneux, la disponibilité des Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) devient problématique. C'est le cas de *Gracina afzelii* dans la Forêt classée de Yapo-Abbé en Côte d'Ivoire [5] et des espèces utiles dans les communautés végétales de la forêt marécageuse de Lokoli au Sud-Bénin [1]. Les PFNL demeurent l'une des principales sources de produits et de matériel pour l'alimentation, la santé, l'artisanat et l'habitat [6]. Pour la banque mondiale [7] et plusieurs études, en Côte d'Ivoire [8], au Bénin [9], au Sénégal [7], et plus généralement en Afrique de l'Ouest [10], la subsistance de nombreuses populations démunies serait fortement liée à la pérennisation des PFNL. Pour demeurer à l'avant-garde de leur conservation, maintenir ou accroître la disponibilité de la ressource non ligneuse pour les générations actuelles et futures, il est nécessaire de réaliser une meilleure gestion des forêts. La gestion durable est au cœur de toutes les politiques et stratégies dans les pays de l'espace CEDEAO [10]. Elle est censée concilier des enjeux économiques, environnementaux et sociaux. Pourtant, la gestion et l'aménagement durable des espèces sources de PFNL est presque inexistante. Elle se trouve très souvent confrontée à des réglementations forestières mise en place pour promouvoir la conservation et la gestion durable des ressources forestières ligneuses [11]. En Côte d'Ivoire, les politiques d'aménagement restent également d'actualité [12] à cause de l'anthropisation croissante des forêts et des aires de conservation. Aussi, lorsqu'elles sont effectives, celles-ci sont dévolues à la production d'essences commerciales [13]. Cette approche ne permet pas une gestion rationnelle des ressources non ligneuses, et nécessite de passer de l'ancienne vision de gestion durable de bois à une gestion à usage multiple [14], qui inclue différentes utilisations potentielles des espèces.

Parmi les 231 forêts classées existantes en Côte d'Ivoire, la Forêt Classée de Yapo-Abbé (FCYA) bénéficie d'un plan de gestion et d'aménagement axé sur l'enrichissement de certaines zones et la création de plantations de bois d'œuvre par des techniques sylvicoles [15], [16], [17]. Plusieurs études dans cette forêt classée ont porté sur son enrichissement en espèces commerciales [18], la distribution des espèces et la richesse floristique [19], la structure diamétrique des arbres et la densité des espèces ligneuses [17]. A ce jour, aucune investigation à notre connaissance, n'a concerné l'impact de l'aménagement sur la diversité et la disponibilité des espèces sources de PFNL nécessaire à la vie quotidienne des populations riveraines. Aussi, la connaissance de l'impact des modes d'exploitation des PFNL dans la forêt, est indispensable pour conduire des politiques des gestions à usage multiples plus adaptées et inclusives des besoins des populations et encourager l'aménagement de nombreuses forêts.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la diversité des espèces sources de PFNL exploitées dans la FCYA et de déterminer l'influence de l'aménagement de cette forêt sur la disponibilité de la ressource non ligneuse. De façon spécifique, il s'agira d'inventorier les espèces sources de PFNL exploités et commercialisés par les populations, de déterminer les modes de collecte et les espèces menacées par l'exploitation, puis de déterminer l'influence du reboisement et des enrichissements sur la diversité et la disponibilité des espèces utiles aux populations riveraines.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ETUDE

La FCYA est localisée au Sud de la Côte d'Ivoire, dans la région administrative de l'Agnéby. Elle s'étend sur une superficie de 24 592 ha, entre 5°34' et 6°15' de latitude Nord et 3°55' et 4°40' de longitude Ouest, à 42 kilomètres d'Abidjan la capitale économique de la Côte d'Ivoire (Figure 1). Cet espace protégé est situé dans le secteur ombrophile du Domaine Guinéen [20]. Il ressort de travaux antérieurs, que le paysage floristique est constitué d'une végétation hétérogène formée de forêt naturelle dense sempervirente, de forêt secondaire reboisée, de jachère et de forêt enrichie [17]. La sylviculture et les différents enrichissements, pour maintenir constant le potentiel de la forêt en essences commerciales, ont été réalisés par les différents

gestionnaires, avec des espèces telles que *Tarrietia utilis*, *Khaya ivorensis*, *Lovoa trichilioïdes*, *Tieghemella heckelii*, *Hallea ledermannii*, *Entandrophragma angolense*, *Lophira alata* et *Ocumea klaineana*, [21]. Les villages à proximité de la forêt sont dominés par les ethnies autochtones Attié et Abbey, principalement agriculteurs, mais vivant également de la chasse, de la cueillette et de l'exploitation des PFNL à l'intérieur de la FCYA [15].

2.2 MÉTHODOLOGIE DE COLLECTE DES DONNÉES

2.2.1 ENQUÊTES ETHNOBOTANIQUES

Les enquêtes ont été réalisées dans les trois villages riverains de la FCYA : N'Bromé, Petit Yapo et Yakassé-mé. Des entretiens semi-structurés sur la base d'un questionnaire ont été conduits auprès de diverses catégories de personnes concernées par la collecte, l'utilisation et la vente des PFNL d'origines végétales. Ces personnes étaient des agents de la SODEFOR, gestionnaires de la forêt, des artisans, des praticiens traditionnels de santé ou assimilés, des commerçants et des récolteurs-vendeurs de plantes ou parties de plantes. Pendant les entretiens, les participants ont été invités à attribuer un score de 0 à 3 aux différentes espèces végétales citées en fonction du degré d'importance de l'espèce dans le domaine d'utilisation. L'utilisation des scores, même subjective, a l'avantage de permettre de connaître l'importance réelle des espèces pour les populations locales [22].

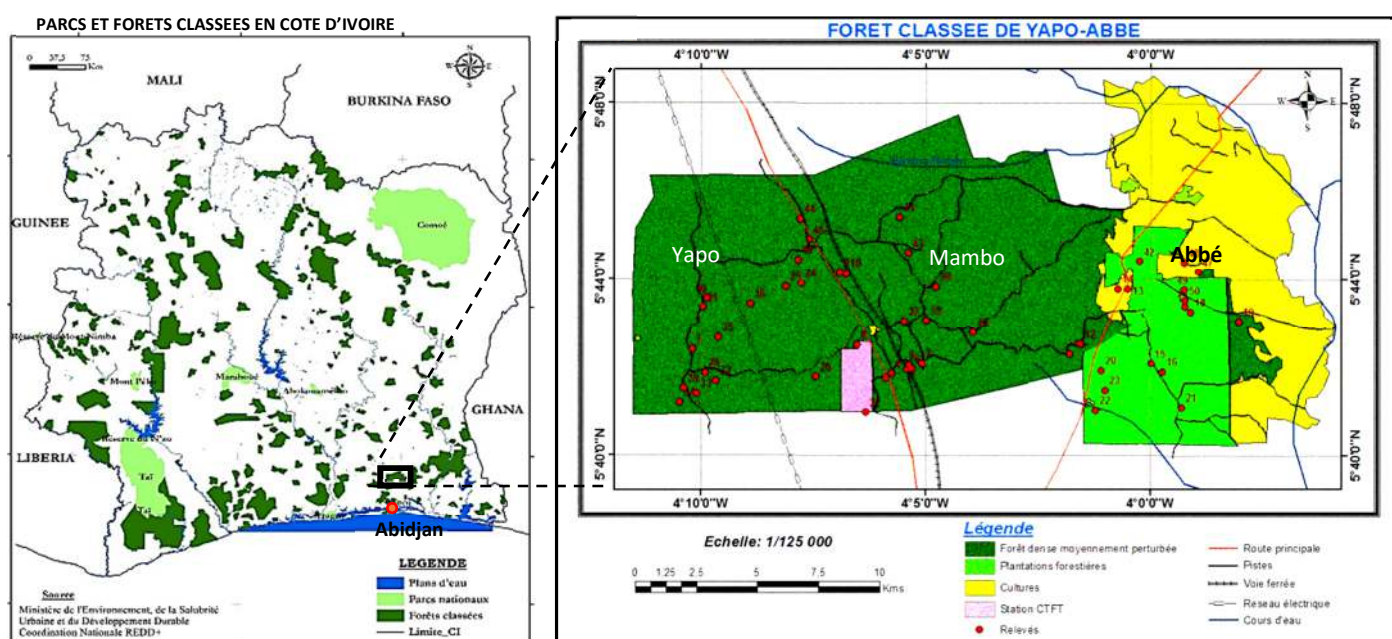


Fig. 1. Situation géographique de la forêt classée de Yapo-Abbé et présentation des blocs et sites d'étude

2.2.2 INVENTAIRE BOTANIQUE

Pour identifier et dénombrer les espèces sources de PFNL citées par les populations, nous avons réalisés des relevés de surface dans les trois blocs de la FCYA. Ces blocs présentent des caractéristiques différentes en fonction de leur état de dégradation ou de conservation et de l'aménagement réalisé [15], [16] : (1) le bloc Yapo, est une forêt secondaire vieillie et presque primaire par endroits sans aménagement notable ; (2) le bloc Mambo, est une forêt secondaire, presque primaire, enrichie par endroit ; (3) le bloc Abbé, constitué de cultures, de jachères, d'une forêt secondaire dégradée enrichie ou reboisée par la méthode Taungya et de plantations forestières. L'action anthropique a profondément modifié la physionomie de ce dernier bloc. Les jachères ainsi que les jeunes forêts secondaires y sont dominantes.

Au total, 50 parcelles de 0,5 ha (100 m x 50 m), réparties dans les zones de végétation naturelle ont été inventoriées. A l'intérieur de chaque parcelle, la présence de toutes les espèces herbacées et lianescentes a été notée, puis le dénombrement des ligneux de dbh ≥ 10 cm de diamètre a été réalisé. Les flores de Hutchinson et Daziel [23], et Aké-Assi [24], [25], ont servi à

déterminer et nommer les espèces inventoriées et les échantillons collectés. L'APG IV (2016) a permis d'actualiser la nomenclature.

2.3 TRAITEMENTS ET ANALYSES DE DONNÉES

2.3.1 DONNÉES ETHNOBOTANIQUES

Le paramètre biométrique utilisé pour traiter les données collectées était la Valeur d'usage ethnobotanique (V_u). La Valeur d'usage est calculée selon la formule suivante [26] : $V_u(k) = \sum_i^n S_i / N$; Avec : $V_u(k)$, correspondant à la valeur d'usage de l'espèce k au sein d'une catégorie d'usage donnée ; S_i , est le score d'utilisation attribué par le répondant i et N , le nombre de répondants pour la catégorie d'usage donnée. Cet indice permet de déterminer, de façon significative, la valeur d'utilisation d'une espèce dans un milieu donné [27]. Pour l'étude, il variait de 0 à 3. La valeur d'usage totale ($V_{u(T)}$) est la somme des valeurs d'usage des différentes catégories d'usage. Elle variait de 0 à 9.

2.3.2 DONNÉES FLORISTIQUES

La richesse spécifique et la diversité floristique de chaque bloc ont été évaluées à l'aide de l'indice de Shannon [28], du nombre moyen d'espèces utiles et de la proportion en espèces sources de PFNL. Les données ont été comparées par des analyses de variance, à l'aide du logiciel XLSTAT version 2018.2. La diversité floristique, dans cette étude, fait référence à la diversité en espèces utiles aux riverains. La proportion en espèces source de PFNL par bloc a été calculée par la formule suivante: $ES = (kPFNL) \times (RS)^{-1} \times 100$, avec, ES = % d'espèces sources de PFNL au sein d'une communauté végétale ; $kPFNL$ = nombre d'espèces source de PFNL présentes au sein de la communauté végétale ; RS = richesse spécifique de chaque communauté végétale [1].

Le calcul de la densité, de la circonférence moyenne dans chaque bloc et de l'indice de raréfaction des individus a permis d'évaluer la disponibilité de la ressource. Un individu présentant un gros diamètre est plus susceptible d'être un semencier (producteur de graine et de fruits), d'avoir une canopée plus étendue (production de feuilles) et plus de surface d'écorce. La rareté des espèces a été déterminée par l'indice de raréfaction (R_i) ou species rarity-weight richness index. Utilisé en ethnobotanique quantitative, cet indice est calculé à partir de la formule suivante : $R_i = (1 - n_i / N) \times 100$; avec n_i , le nombre de placettes où l'espèce i est retrouvée et N , le nombre total de placettes posées dans le milieu [29]. Les espèces présentant un $R_i \geq 80$ % sont considérées comme rares dans le milieu, celles avec un $R_i \leq 50$ % sont très présentes.

Un des aspects importants et contemporain pour l'aménagement et la gestion durable des forêts est d'évaluer l'état de vulnérabilité des espèces sources de PFNL en raison de la forte demande des produits qu'elles génèrent [5]. Dans la présente étude, le système de classification tel que défini par l'UICN, basé sur des critères quantitatifs complexes : taux de déclin, population totale, zone d'occurrence, zone d'occupation, degré de peuplement et fragmentation de la répartition [30], n'a pu être utilisé. La méthodologie utilisée ne permettant pas d'étudier tous les critères définis. L'approche retenue a été d'évaluer la menace par la combinaison des deux indices calculés qui sont la Valeur d'usage totale ($V_{u(T)}$) et l'indice de raréfaction (R_i), couplés au mode de prélèvement (MP) des PFNL provenant de l'espèce étudiée [31]. Le Tableau 1 indique le statut général pour chaque espèce source de PFNL, suite à la combinaison des trois paramètres. Une espèce rare dans le milieu (R_{i3}), très recherchée (V_{u3}) et avec un mode de collecte destructeur, non viable pour la plante (MP_3), serait une espèce très menacée. À l'opposé, une espèce très abondante (R_{i1}), faiblement recherchée (V_{u1}) et dont le mode de collecte présente un faible impact (MP_1), pourrait être qualifiée de faiblement menacée. L'accès à une ressource limitée pour laquelle la demande est forte, mène, inévitablement, à la surexploitation de cette ressource et finalement à sa disparition [32].

Tableau 1. Indications du statut des espèces exploitées dans la Forêt classée de Yapo-Abbé

Signification	Très menacée (TM)	Menacée (M)	Faiblement menacée (FM)
Code	+++	++	+
Statut	$Ri_3 + Vu_3 + MP_3$	$Ri_3 + Vu_3 + MP_2$	$Ri_3 + Vu_1 + MP_2$
	$Ri_3 + Vu_2 + MP_3$	$Ri_3 + Vu_3 + MP_1$	$Ri_3 + Vu_1 + MP_1$
	$Ri_3 + Vu_1 + MP_3$	$Ri_3 + Vu_2 + MP_2$	$Ri_2 + Vu_1 + MP_1$
		$Ri_2 + Vu_3 + MP_3$	$Ri_2 + Vu_2 + MP_2$
		$Ri_2 + Vu_3 + MP_2$	$Ri_2 + Vu_1 + MP_2$
		$Ri_2 + Vu_2 + MP_3$	$Ri_1 + Vu_1 + MP_1$
		$Ri_2 + Vu_1 + MP_3$	$Ri_1 + Vu_1 + MP_3$
		$Ri_1 + Vu_3 + MP_3$	$Ri_1 + Vu_2 + MP_2$
		$Ri_1 + Vu_2 + MP_3$	$Ri_1 + Vu_1 + MP_2$
		$Ri_2 + Vu_3 + MP_1$	
		$Ri_1 + Vu_3 + MP_1$	
		$Ri_1 + Vu_3 + MP_2$	

Abattage (MP_3) = impact fort ; Cueillette (MP_1) = impact faible ; Ecorchage (MP_2) = impact moyen à fort ; Prélèvement de racines : impact moyen à fort (MP_2) ; $0 \leq Vu(T) < 1$ = faible demande (Vu_1) ; $1 \leq Vu(T) < 2$ = demande moyenne (Vu_2) ; $2 \leq Vu(T)$: forte demande (Vu_3) ; $80\% \leq Ri \leq 100\%$ = Rare (Ri_3) ; $50\% > Ri < 80\%$ = Préférentielle, abondante (Ri_2) ; $0\% \leq Ri \leq 50\%$ = Très préférentielle, très abondante (Ri_1)

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES FLORISTIQUES ET IMPORTANCE DES ESPÈCES SOURCES DE PFNL

Les investigations ethnobotaniques ont permis d'inventorier 62 espèces végétales sources de PFNL exploitées dans la FCYA. Elles sont réparties entre 60 genres et 29 familles. Les familles les plus représentées sont les Euphorbiaceae et les Annonaceae avec 6 espèces chacune. Ces espèces sources de PFNL se répartissent entre 33 arbres (53,22%), 14 arbustes (22,57), 9 lianes (14,51%) et 6 herbes (9,67%). Elles sont essentiellement des espèces de forêt peu dégradée, espèces dites primaires (36 espèces, soit 56,45%), et des espèces de zones dégradées et de jachères, espèces dites pionnières (26 espèces, soit 43,55%).

Parmi les espèces inventoriées, 47 sont utilisées dans la pharmacopée. Dans ce domaine, *Annickia polycarpa* ($Vu = 2,24$), *Landolphia owariensis* ($Vu = 2,08$), *Strombosia glaucescens* ($Vu = 1,7$; Figure 2), *Alstonia boonei* ($Vu = 1,25$), *Piper guineense* ($Vu = 1,12$), *Uapaca esculenta* ($Vu = 1,12$), *Khaya ivorensis* ($Vu = 2,06$), ont présentées les plus grandes valeurs d'usages. Outre *Khaya ivorensis*, 4 autres espèces, *Tarrietia utilis*, *Fleroya ledermannii*, *Entandrophragma angolense* et *Lophira alata*, utilisées pour les reboisements, ont présenté également un intérêt thérapeutique pour les populations (Tableau 2). Ces espèces représentent 62,5% des essences commerciales replantées. Les drogues végétales les plus recherchées sont les écorces (81 %), les fruits (13 %) et les tiges (5,5 %), (Figure 3). Lorsque la quantité d'écorces recherchées est importante, les individus sont abattus et les collecteurs procèdent à leur annélation (Figure 4). L'abattage est aussi utilisé pour collecter de grande quantité de fruits. Telle est le cas chez *Xylopia aethiopica* et de *Piper guineense*.

Treize (13) espèces sont utilisées dans l'artisanat (Tableau II) dont les plus importantes en termes de Valeur d'usage sont *Eremospatha macrocarpa* ($Vu = 2,85$), *Laccosperma secundiflorum* ($Vu = 2,31$), *Calamus deerratus* ($Vu = 1,58$) et *Harungana madagascariensis* ($Vu = 1,58$). 71 % des espèces sont abattues ou sectionnées pour la collecte des produits générés.

Les fruits et les graines représentent 92 % des produits collectés dans le domaine de l'alimentation. 11 espèces sont utilisées dans ce domaine parmi lesquelles on peut citer *Dacryodes klaineana* ($Vu = 2,85$), *Irvingia gabonensis* ($Vu = 2,01$) *Ricinodendron heudelotii* ($Vu = 1,4$), *Coula edulis* et *Trichoscypha arborea* ($Vu = 1,2$) qui présentent les plus grandes valeurs d'usage. Les produits sont collectés après abattage des arbres chez *Dacryodes klaineana*, *Xylopia aethiopica* et *Trichoscypha arborea*, soit chez 33 % des espèces. Les graines de *Coula edulis*, *Irvingia gabonensis*, *Ricinodendron heudelotii*, sont ramassées aux pieds de semenciers, par contre ceux de *Myrianthus libericus* et *Thaumatococcus daniellii* sont collectés directement sur le pied.



Fig. 2. Parc à bois de Tiges de *Strombosia glaucescens* utilisées pour la confection de cure-dent

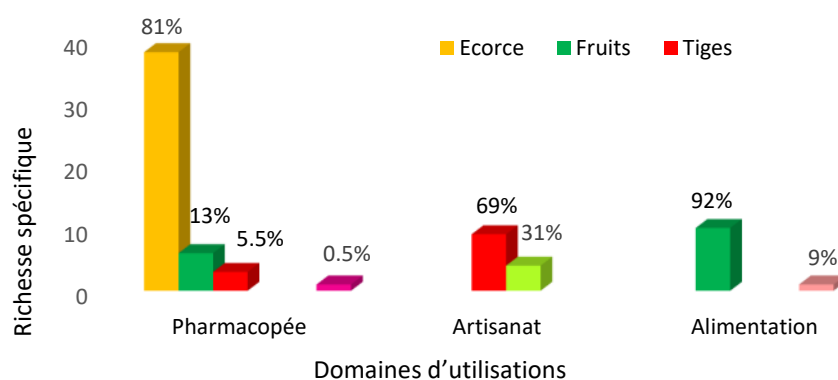


Fig. 3. Fréquence des types de PFNL collectés par domaines d'utilisation



Fig. 4. Individu de *Uapaca esculenta* abattu pour la collecte de son écorce

3.2 PRESSION PAYSANNE SUR LES ESPÈCES SOURCES DE PFNL

Le calcul de la $Vu(T)$ indique que les espèces les plus importantes sont *Annickia polycarpa* ($Vu(T) = 3,31$), *Dacryodes klaineana* ($Vu(T) = 3,03$), *Garcinia afzelii* ($Vu(T) = 3$), *Eremospatha macrocarpa* ($Vu(T) = 2,85$), *Irvingia gabonensis* ($Vu(T) = 2,32$), *Laccosperma secundiflorum* ($Vu(T) = 2,31$), *Landolphia owariensis* ($Vu(T) = 2,08$) et *Khaya ivorensis* ($Vu(T) = 2,05$), (Tableau 2). Les PFNL qu'ils génèrent, en l'occurrence, les écorces de *A. polycarpa*, *K. ivorensis* et *L. owariensis*, les fruits de *D. klaineana*, les tiges de *G. afzelii* et de *Strombosia glaucescens*, les cannes de *E. macrocarpa* et *L. secundiflorum* puis les graines de *I. gabonensis* et *Ricinodendron heudelotii*, sont très prisés. Ces espèces font également l'objet d'une exploitation intense par abattage. Le mode de collecte représente une source de forte menace pour les espèces et ne contribue pas à une exploitation rationnelle de la ressource. La combinaison des différents paramètres (Valeur d'usage, raréfaction, mode de collecte) montre que les espèces soumises à plus de pression dans la FCYA et qui sont donc fortement menacées sont *A. polycarpa*, *G. afzelii*, *E. macrocarpa*, *L. secundiflorum*, *R. heudelotii*, *L. owariensis*, *K. ivorensis*, *C. dërratus*. (Tableau 2). Certaines espèces telles que *U. esculenta*, *D. klaineana*, *S. glaucescens*, *P. guineense* subissent une pression moyenne et sont qualifiées de menacées. *D. Klaineana* et *S. glaucescens*, malgré leur valeur d'usage élevée ne sont pas très menacées à cause de leur disponibilité dans la forêt. La grande partie du cortège d'espèces utiles (42 espèces) est pour l'instant faiblement menacée à cause de la faible valeur d'usage des espèces concernées et du faible impact du mode de prélèvement des PFNL qu'elles fournissent.

Tableau 2. Caractéristiques générales des espèces sources de PFNL exploitées dans la forêt classée de Yapo-Abbé

Espèces	Nom local Abbey	Familles	Type bio.	Domaines d'utilisations			Valeur d'usage ethnobotanique			Vu(T)	Mode de Prélèvement des PFNL	Indice de raréfaction des espèces	Pression humaine observée
				Phar.	Alim.	Art.	Vu (phar)	Vu (al)	Vu (art)				
<i>Adenia lobata</i>	Alègnanman	Passifloraceae	Lmp	Tig			0,11			0,11	Ab	90	+
<i>Aframomum sceptrum</i>	Worouho	Zingiberaceae	hGr	Fr			0,03			0,03	Cu	82	+
<i>Allanblackia floribunda</i>	Roucoughbô	Clusiaceae	amP	Ec			0,07			0,07	Ech	32	+
<i>Alstonia boonei</i>	Houndjé	Apocynaceae	aMP	Ec			1,25			1,25	Ab, Ech	72	++
<i>Annickia polycarpa</i>	Gbwè	Annonaceae	amP	Ec		Tig	2,24		1,07	3,31	Ec Ab	40	+++
<i>Anthocleista vogelii</i>	Gbrougbrou	Loganiaceae	amP	Ec			0,49			0,49	Ec Ab	86	+
<i>Beilschmiedia mannii</i>	Atchoko	Lauraceae	Amp	Ec			0,14			0,14	Ech	70	+
<i>Bridelia grandis</i>	Tchoukpè	Phyllanthaceae	aMP	Ec			0,17			0,17	Ech	94	+
<i>Calamum deërratus</i>	Hé	Arecaceae	ImP			Tig			1,58	1,58	Ab	90	+++
<i>Canarium schweinfurthii</i>	Babè	Burseraceae	aMP	Ec			0,14			0,14	Ech	84	+
<i>Carapa procera</i>	Doman	Meliaceae	Amp			Tig			1,11	1,11	Ab	2	+
<i>Cecropia peltata</i>	Loho	Cecropiaceae	Amp			Tig			1,02	1,02	Ab	64	++
<i>Cleistopholis patens</i>	Sôbou	Annonaceae	amP	Ec			0,62			0,62	Ech Ab	62	+
<i>Cola nitida</i>	Nantichi	Malvaceae	amP		Fr			0,02		0,02	Cu	46	+
<i>Costus afer</i>	Wôvi	Zingiberaceae	Hnp	Fr			0,6			0,6	Cu	98	+
<i>Coula edulis</i>	Atcha	Olcaceae	amP		Fr			1,2		1,2	Cu	22	+
<i>Dacryodes klaineana</i>	Vi	Burseraceae	amP	Ec	Fr		0,18	2,85		3,03	Ech, Ab	6	++
<i>Drypetes aylmeri</i>	-	Euphorbiaceae	Amp			Tig			0,23	0,2	Ab	26	+
<i>Elaeis guineensis</i>	Rô	Arecaceae	amP		Sev					0,2	Cu Ab	44	+
<i>Entandrophragma angolense</i>	Tiama*	Meliaceae	aMP	Ec			0,52			0,52	Ech Ab	46	++
<i>Eremospatha macrocarpa</i>	Kala	Arecaceae	IMP			Tig			2,85	2,85	Ab	82	+++
<i>Ficus exasperata</i>	-	Moraceae	Amp	Ec			0,21			0,21	Ech	98	+
<i>Garcinia afzelii</i>	Tchôkpé	Clusiaceae	Amp	Tig						3	Ab	82	+++
<i>Garcinia kola</i>	Awôréman	Clusiaceae	Amp	Fr, Ra	Fr		0,14	0,01		0,15	Cu	70	+
<i>Greenwayodendron oliveri</i>	Tivi	Annonaceae	Amp	Ec			0,36			0,36	Ech	58	+
<i>Fleroya ledermannii</i>	Bahia*	Rubiaceae	aMP	Ec			0,55			0,55	Ech Ab	94	++

<i>Halopogia azurea</i>	Ojio	Marantaceae	Hnp		Fe		1,32	1,32	Cu	86	+
<i>Harungana madagascariensis</i>	Ouonbè	Hypericaceae	Amp	Ec	Tig	0,31	1,58	1,89	Ech Ab	62	+
<i>Tarrietia utilis</i>	Niangon*	Malvaceae	amP	Ec		0,1		0,1	Ech	36	+
<i>Irvingia gabonensis</i>	Bourbourou	Irvingiaceae	aMP	Ec	Fr	0,31	2,01	2,32	Ech, Cu	86	+
<i>Khaya ivorensis</i>	Acajou*	Meliaceae	aMP	Ec		2,05		2,05	Ech Ab	66	+++
<i>Laccosperma secundiflorum</i>	Hé	Arecaceae	IMP		Tig		2,31	2,31	Ab	94	+++
<i>Landolphia hirsuta</i>	M'tô	Apocynaceae	ImP	Ec		0,72		0,72	Ech Ab	96	++
<i>Landolphia owariensis</i>	Kpékpé	Apocynaceae	ImP	Ec		2,08		2,08	Ech Ab	84	+++
<i>Lophira alata</i>	Azobé*	Ochnaceae	amP (aMP)	Ec		0,07		0,07	Ech Ab	82	+
<i>Macaranga barteri</i>	Tchofèhétilè	Euphorbiaceae	Amp	Ec		0,07		0,07	Ech	66	+
<i>Maesobotrya barteri</i>	Wognonkappa	Euphorbiaceae	Amp	Ec		0,21		0,21	Ech	12	+
<i>Manniophyton fulvum</i>	Foé	Euphorbiaceae	Lmp	Tig		0,73		0,73	Ab	30	++
<i>Marantochloa leucantha</i>	Ojio	Marantaceae	Hnp		Fe		1	1	Cu	90	+
<i>Monodora myristica</i>	Monnon	Annonaceae	amP	Fr	Fr	0,35	0,5	0,85	Cu	84	+
<i>Musanga cecropioides</i>	Loho	Cecropiaceae	amP	Ec	Tig	0,56	1,02	1,58	Ech, Ab	36	+
<i>Myrianthus libericus</i>	Rougnonhibou	Cecropiaceae	Amp		Fr		0,01	0,01	Cu	30	+
<i>Nauclea diderrichii</i>	Badi*	Rubiaceae	aMP	Ec		0,28		0,28	Ech Ab	82	+
<i>Ongokea gore</i>	Kouéro*	Olacaceae	amP	Ec		0,2		0,2	Ech	90	+
<i>Pachypodanthium staudtii</i>	Agnonkpetchi	Annonaceae	aMP	Ec		0,07		0,07	Ech	64	+
<i>Parinari excelsa</i>	Sougué*	Chrysobalanaceae	aMP	Ec		0,27		0,27	Ech	66	+
<i>Piper guineense</i>	M'kpagnichi	Piperaceae	Imp (Ep)	Fr, Tig	Fr	1,12		1,8	Ab	30	++
<i>Pycnanthus angolensis</i>	Ionlélé	Myristicaceae	amP	Ec		0,2		0,2	Ech	30	+
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Apki*	Euphorbiaceae	amP	Ec	Fr	0,84	1,4	2,24	Ech, Cu	84	+++
<i>Salacia nitida</i>	Oronèké	Hippocrateaceae	Lmp	Ec		0,82		0,82	Ab	86	++
<i>Sterculia tragacantha</i>	Poré-poré	Malvaceae	Mp	Ec		0,07		0,07	Ech	98	+
<i>Strombosia glaucescens</i>	Poé	Olacaceae	amP	Ec	Tig	1,7	0,24	1,94	Ab	8	++
<i>Terminalia ivorensis</i>	Gboti	Combretaceae	aMP	Ec		0,45		0,45	Ech Ab	84	+
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	Eséhésé*	Fabaceae	Amp	Ec		0,07		0,07	Ech	80	+
<i>Thaumatococcus daniellii</i>	Ayô	Marantaceae	hGr		Fr Fe	0,67	1,1	1,77	Cu	92	++
<i>Trachypyrnium braunianum</i>	Anayô	Marantaceae	hGr		Fe		0,23	0,23	Cu	42	+
<i>Treculia africana</i>	Bléblédou	Moraceae	amP	Ec		0,07		0,07	Ech	90	+
<i>Trichoscypha arborea</i>	Dao	Anacardiaceae	amP		Fr		1,2	1,02	Ab	34	+
<i>Uapaca esculenta</i>	Ritcho	Euphorbiaceae	amP	Ec		1,1		1,1	Ec Ab	62	++
<i>Vernonia conferta</i>	Poupouya	Asteraceae	Amp	Ec		0,07		0,07	Ech	92	+
<i>Xylopia aethiopica</i>	Mondon	Annonaceae	amP	Fr	Fr	0,24	0,2	1,94	Ab Cu	68	+
<i>Zanthoxylum gillettii</i>	Kpahè	Rutaceae	amP	Ec		0,27		0,27	Ech	60	+

Types biomorphologiques (a : espèce arborescente, l : espèce lianescente, h : espèce herbacée, Ep : Epiphyte, G : Géophyte, Ch : Chaméphyte, H : Hémicryptophyte, Np : Nanophanérophyte, Mp : Microphanérophyte, mP : Mésophanérophyte, MP : Mégaphanérophyte, Th : Thérophyte). Vu : Valeur d'usage. al : alimentation, phar : pharmacopée, art : artisanat. Ec : écorce, Tig : tige, Fr : fruit, Ra : racine, Ec ab : écorchage après abattage, Ab : abattage, Ech : écorchage, Cu : cueillette, Ram : ramassage. Les espèces très menacées sont indiquées en gras. * Nom vernaculaire.

3.3 RICHESSE FLORISTIQUE, DIVERSITÉ ET INFLUENCE DE L'AMÉNAGEMENT SUR LA DISPONIBILITÉ DE LA RESSOURCES

Les inventaires floristiques dans les blocs ont permis de dénombrer 690 espèces dans la FCYA. La richesse spécifique en espèces exploitées par les populations est de 54 espèces dans le bloc Yapo (9 alimentaires, 12 artisanales et 37 médicinales), 60 espèces dans le bloc Mambo (10 alimentaires, 12 artisanales et 43 médicinales) et 57 espèces à Abbé (11 alimentaires, 11 artisanales et 47 médicinales). Dans les parcelles de 0,5 ha, les valeurs moyennes du nombre d'espèces ne varient pas significativement. La moyenne d'espèces sources de PFNL est de $23,54 \pm 6,91$ dans le bloc Abbé, $23,58 \pm 5,45$ dans le bloc Mambo et $22,89 \pm 5,02$ dans le bloc Yapo. De même, la diversité floristique ne varie pas significativement entre les blocs (Tableau 3). Les blocs présentent la même valeur sociale, sans considération de la qualité des espèces.

Tableau 3. *Caractéristiques floristiques des blocs en espèces sources de PFNL*

Blocs	Richesse spécifique	Indice de diversité de Shannon	Nombre moyen d'espèces	Proportion moyenne d'espèces utiles
Abbé	57	$2,36 \pm 0,07^a$	$23,54 \pm 6,91^a$	$35,50 \pm 5,45^a$
Mambo	60	$2,29 \pm 0,06^a$	$23,58 \pm 5,45^a$	$30,39 \pm 4,94^b$
Yapo	54	$2,24 \pm 0,06^a$	$22,89 \pm 5,02^a$	$30,40 \pm 5,40^b$
<i>F</i>	-	0,82	0,07	4,53
<i>p</i>	-	0,44	0,92	0,01

La différence d'état de conservation ou de dégradation des blocs n'est donc pas perceptible sur la diversité et le nombre moyen d'espèces sources de PFNL. Le calcul de la proportion d'espèces utiles dans chaque bloc permet de mettre en évidence que le bloc Abbé. Très reboisé et enrichi, ce bloc présente une proportion d'espèces sources de PFNL par unité de surface significativement différente des autres ($F = 4,53$; $p = 0,016$). La représentativité des espèces utiles est plus importante dans ce bloc. Elle est de $35,50 \pm 5,45$ %, contre $30,39 \pm 4,94$ % pour le bloc Mambo et $30,40 \pm 5,40$ % pour le bloc Yapo. Les différents aménagements dans ce bloc ont donc eu un impact sur la qualité floristique. Le bloc Abbé, qui subit l'effet de l'infiltration paysanne massive, devrait être moins diversifié s'il n'avait pas connu une replantation et des enrichissements à grande échelle.

Le calcul de la circonférence moyenne en rapport avec la disponibilité de la ressource, montre que celle-ci varie très significativement en fonction des blocs ($F = 11,63$; $p < 0,0001$). Dans le bloc Abbé, la circonférence moyenne des individus est plus importante. Elle est de $74,45 \pm 47,24$ cm contre $73,9 \pm 48,16$ pour le bloc Mambo et $68,67 \pm 44,70$ pour le bloc Yapo (Figure 5). Pour les valeurs de densité, le bloc Yapo présente la plus grande valeur moyenne de densité soit $311,67 \pm 15,8$ ind/ha, avec $F = 4,28$ et $p = 0,020$. Les analyses effectuées sans dénombrer les individus replantés indiquent une différence très significative ($F = 13,02$; $p < 0,0001$) au niveau des valeurs de densité moyenne. Le bloc Abbé est le plus impacté. Il présente $193,38 \pm 16,8$ ind/ha contre $248,92 \pm 18,6$ ind/ha d'espèces sources obtenu précédemment (Figure 6). La circonférence moyenne observe également une nette régression dans le bloc Abbé.

L'analyse des valeurs d'indice de raréfaction des espèces montre que le bloc Yapo possède le plus grand cortège floristique d'espèces rares, soit 44,16 %, contre 27,42 et 32,25 % dans les blocs Mambo et Abbé. Le Bloc Abbé possède 27 espèces très présentes dans le milieu ($R_i \leq 50$ %), soit 43,55% des espèces, contre 33,87 % dans les blocs Yapo et Mambo (Figure 7). A l'exception de *Fleroya ledermannii*, toutes les espèces introduites sont très présentes dans le Bloc Abbé.

L'ensemble de ces résultats et leurs interprétations montrent l'influence positive du reboisement et de l'enrichissement dans la diversité et la disponibilité des espèces sources de PFNL dans la forêt classée de Yapo-Abbé.

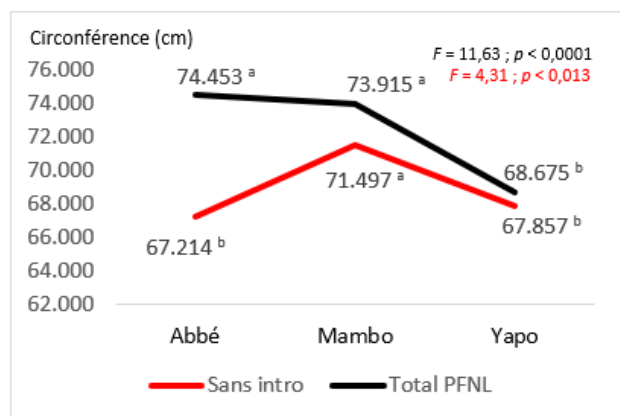


Fig. 5. Circonférence des espèces sources de PFNL

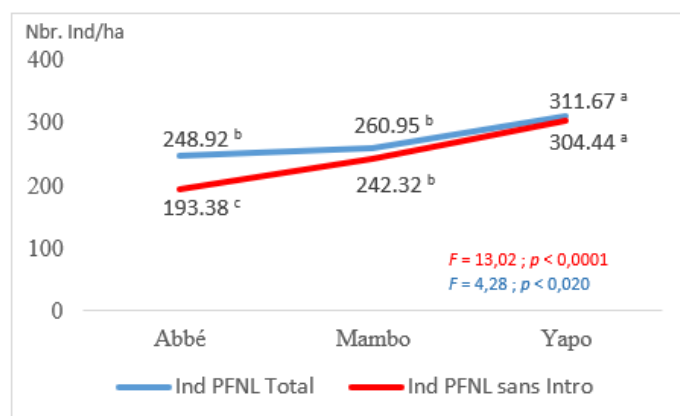


Fig. 6. Densité des espèces sources de PFNL

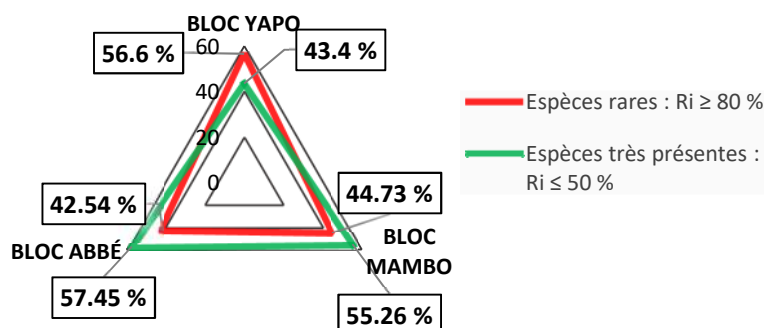


Fig. 7 : Prépondérance des espèces sources de PFNL dans les blocs de la forêt classée de Yapo-Abbé

4 DISCUSSION

DIVERSITÉ ET IMPORTANCE DES ESPÈCES SOURCES DE PFNL

Les populations riveraines exploitent et commercialisent 62 espèces sources de PFNL dénombrées dans cette étude. En Côte d'Ivoire des études similaires ont permis de dénombrer 18 espèces sources de PFNL à valeur commerciale dans la forêt classée de la Besso [33] et 137 espèces utilisées pour les besoins primaires par les populations dans la forêt classée du Haut Sassandra (FCHS), [8]. La différence entre le nombre d'espèces utilisées à Yapo-Abbé et celui de la FCHS, pourrait être en rapport avec le nombre de villages riverains (trois villages à Yapo-Abbé contre 37 dans la FCHS). La FCHS est également soumise à l'infiltration massive des populations immigrantes depuis l'avènement de la crise socio-politique en Côte d'Ivoire [34]. A l'instar de nombreux pays tropicaux [35], [9], les ressources végétales demeurent les principales sources de produits et de matériels pour l'alimentation, la pharmacopée et l'artisanat. L'étude de caractères bio-morphologiques des espèces exploitées dans la FCYA a montré que celles-ci sont majoritairement des arbres comme mentionné ailleurs en zone forestière [36], [33]. La richesse floristique et la diversité d'utilisation des espèces permettent également de confirmer le potentiel et le réservoir social que représente cet espace préservé pour les populations rurales et urbaines. Les espèces présentant de fortes valeurs d'usages sont également citées par plusieurs études ethnobotaniques en Côte d'Ivoire. *Annickia polycarpa* est citée parmi les plantes médicinales dans plusieurs travaux réalisés en Côte d'Ivoire [37], [36]. La présence de *Irvingia gabonensis* dans l'alimentation des peuples apparaît dans plusieurs écrits parmi lesquels [38], [8]. La pulpe sucrée de *Dacryodes klaineana* est très recherchée. Ses fruits sont consommés aussi bien en zones rurales que urbaines [39]. Les tests phytochimiques confirme l'intérêt nutritionnel de ces aliments produits naturellement par les forêts en tant que source de protéines, d'éléments minéraux et de vitamines [40], [38]. Les cannes des rotins (*Eremospatha macrocarpa*, *Laccosperma secundiflorum*, *Calamus deerratus*) servent à confectionner des mobiliers, des articles de ménage vendus localement ou dans les grandes villes du pays

[41]. En Afrique centrale également, les rotins, les fruits de *Piper guineensis*, *Irvingia* spp., *Ricinodendron heudelotii* et l'écorce de *Alstonia boonei*, sont citées parmi les PFNL prioritaires à travers le bassin du Congo [42].

PRESSIION PAYSANNE SUR LES ESPÈCES SOURCES DE PFNL

L'exploitation des PFNL offrent aux populations de nombreux produits forestiers indispensables à leur vie quotidienne. Cependant, cette étude montre que l'abattage des individus est le mode d'exploitation principale. Ce mode de collecte de la ressource est peu viable pour les espèces. Des travaux sur *Garcinia afzelii* [5], une espèce très exploitée pour ses tiges dans la FCYA, montrent qu'en plus d'avoir réduit très significativement le nombre d'adulte, l'abattage a compromis fortement la régénération naturelle de l'espèce. D'autres résultats de travaux [43], indiquent également que l'abattage et l'annélation des espèces est néfaste pour leur pérennisation. Dans la forêt du sud-Cameroun, près de 60% d'espèces ligneuses médicinales ont leurs écorces écorchées partiellement ou complètement en cas de rareté de la ressource [44]. La réduction de la quantité de *Gnetum africanum* et *G. bucholzianum* récolté et commercialisé de 2002 à 2008 par l'utilisation de méthodes de récolte inadaptées, qui dégradent la ressource de base, est constatée [45]. L'utilisation de la combinaison, valeur d'usage ethnobotanique, mode de prélèvement et indice de raréfaction des espèces sources de PFNL, apparait ici comme un indicateur adapté de la nature de la pression paysanne sur une espèce végétale donnée. Dans cette étude, *Annickia polycarpa*, *Garcinia afzelii*, *Eremospatha macrocarpa*, *Laccosperma secundiflorum*, *Landolphia owariensis*, *Khaya ivorensis* et *Calamus deerratus*, classées comme rares et objet d'abattage, sont définies comme très menacées par l'exploitation humaine. Pour les riveraines la forte pression humaine impacte grandement sur la disponibilité de la ressource. Certaines espèces deviennent plus rares et les PFNL moins disponible. Des travaux antérieurs confirment que l'exploitation à but commercial des PFNL met en jeu d'énormes quantités prélevées, menaçant ainsi la disponibilité de ces ressources [46].

RICHESSSE FLORISTIQUE, DIVERSITÉ ET INFLUENCE DE L'AMÉNAGEMENT SUR LA DISPONIBILITÉ DE LA RESSOURCE

Malgré ces perturbations, et ceux liées à l'exploitation forestière [17], la FCYA peut être considérée comme riche de 690 espèces inventoriées et identifiées. Sa contribution à la conservation à la flore ivoirienne, estimée à 3 861 espèces [47], est de 17%. Les aménagements réalisés depuis 1930 [21], [48], [16], ont permis de maintenir un niveau de diversité floristique dans cette forêt classée. L'étude de l'influence de l'aménagement sur la disponibilité des espèces utiles montre que l'aménagement permet de maintenir la diversité et la disponibilité des espèces sources de PFNL dans le bloc le plus infiltré et le plus dégradé. La proportion élevée d'espèces utiles dans le bloc Abbé est en rapport avec la diversité d'espèces utilisées lors des aménagements. En effet, cinq espèces parmi celles replantées sont utilisées par les populations à des fins médicinales. Cette situation avantageuse a accru la proportion d'espèces sources de PFNL dans les zones aménagées. La circonférence moyenne des espèces est élevée dans le bloc Abbé en raison de l'âge des individus et des écartements réalisés pendant les reboisements. Les premières plantations forestières furent créées entre 1930 et 1931 par l'administration forestière avec la méthode Martineau et la méthode des layons [48]. L'équidistance entre les plants et entre les layons a considérablement évolué passant de 2 à 5 m entre les plants et de 10 à 25 entre les layons [49]. L'avantage direct est d'avoir des individus adultes avec un plus gros diamètre. La variation de la densité et de la circonférence moyenne des espèces montrent que le nombre d'individus replantés influence positivement ces deux paramètres. L'aménagement destiné à la production de bois d'œuvre [16], a eu un impact positif pour la production des PFNL en raison des multiples usages de certaines essences commerciales. Les résultats de l'indice de raréfaction montrent la proportion élevée d'espèces rares dans le bloc le moins aménagé. Cet état est en adéquation avec les caractéristiques des forêts tropicales où la diversité très élevée résulte de la faible densité des espèces présentes [50]. L'exploitation n'est pas dans tous les cas suivie d'une régénération naturelle permettant, sans intervention sylvicole, le retour aux conditions initiales [18]. Ce résultat confirme la nécessité d'un aménagement. Pour certaines auteurs [51], les espèces présentant un indice de raréfaction élevé sont encore plus menacées et leur disparition serait dommageable à l'écosystème mais aussi à l'homme. Domesticquer certaines plantes aux immenses potentialités pourrait permettre l'enrichissement de réservoirs de biodiversité et participerait à assurer un avenir meilleur aux générations futures. La forte demande en PFNL (Drogues végétales, fruits, graines, tiges, rotins, etc.) en Côte d'Ivoire implique que l'aménagement durable des forêts et la gestion à usage multiple ne soit plus considéré comme une alternative mais un impératif.

5 CONCLUSION

La présente étude a permis d'inventorier 62 espèces végétales exploitées par les populations riveraines. Ces espèces sont réparties entre 60 genres, 29 familles et sont utilisées dans les domaines de la pharmacopée (47 espèces), de l'alimentation (11 espèces) et de l'artisanat (12 espèces). Les espèces qui présentent les plus grandes valeurs d'usage, *Annickia polycarpa*, *Landolphia owariensis*, pour la pharmacopée, *Eremospatha macrocarpa*, *Laccosperma secundiflorum*, pour l'artisanat et

Dacryodes klaineana, *Irvingia gabonensis*, pour l'alimentation, sont pour la majorité abattues lors de la collecte des PFNL. L'intensification de la commercialisation conduit à la surexploitation de ces espèces et menace leur survie.

L'étude met en évidence l'importance des reboisements et de l'enrichissement dans cette forêt sur la diversité et la disponibilité des espèces sources de PFNL. L'aménagement des zones dégradées avec des essences commerciales dotés d'un usage multiple a ainsi permis d'accroître la proportion d'espèces utiles et de maintenir ces espèces à un certain niveau de disponibilité comparable voir supérieur aux zones les moins aménagées. Cette étude montre que la domestication des espèces prioritaires sources de PFNL et leur introduction dans les politiques d'aménagement pour une gestion à usage multiple pourrait permettre d'assurer une productivité soutenue et leur préservation pour les générations futures. La définition d'une stratégie d'exploitation rationnelle des PFNL dans les forêts classées devrait également être une solution durable pour remédier à leur surexploitation et éviter une perte de la biodiversité.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Programme d'Appui Stratégique à la Recherche Scientifique (PASRES) pour leur contribution financière, les chefs de village, les populations riveraines de la FCYA, et le personnel de la SODEFOR de l'Unité de Gestion Forestière d'Azaguié pour leur disponibilité.

REFERENCES

- [1] C. B. S. Dan, B. A. Sinsin, G. A. Mensah et J. Lejoly, "Influence des activités anthropiques sur la diversité floristique des communautés végétales de la forêt marécageuse de Lokoli au Sud-Bénin," *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 6, no. 6, pp. 3064-3081, 2012.
- [2] FAO, Évaluation des ressources forestières mondiales 2015 : comment les forêts de la planète changent-elles ? FAO Rome, 56 p, 2015.
- [3] B. A. Margono, S. Turubanova, I. Zhuravleva, P. Popapov, A. Tyukavina, A. Baccini, S. Goetz et M. C. Hansen, "Mapping and monitoring deforestation and forest degradation in Sumatra (Indonesia) using Landsat time series data sets from 1990 to 2010," *Environmental Research Letters*, vol. 7, no 3, 17 p, 2012.
- [4] A. Koulibaly, A.D.E. Amon, D. Konan, D. Goetze, et K. Traoré K, "Evaluation of the impact of the "Clearing Practice" on Vegetation for Sustainable Cacao Culture in Côte d'Ivoire, ". *International Journal of Science and Research*, Vol. 6, no 1, pp 44-50, 2017.
- [5] S. C. Piba, F. H. Tra Bi, A. Bakayoko et K. Djézou, "Evaluation of the availability of *Garcinia afzelii* Engl. (Clusiaceae) inside the Yapo-Abbé classified forest, in Côte D'Ivoire," *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 8(2): 87-97.
- [6] M. Meylan, Enjeux de la domestication et de l'exploitation des produits forestiers non ligneux dans les stratégies économiques des ménages diola du département d'Oussouye – Sénégal. Institut d'Etude Politique Toulouse. Mémoire, 113 p, 2014.
- [7] Banque Mondiale, Fiche d'intégration régionale, No. 1, 42 p, 2002.
- [8] G. G. Zanh, Y. S. S. Barima, K. A. Kouakou et Y. C. Sangne, "Usages des produits forestiers non-ligneux selon les communautés riveraines de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)," *International Journal of Pure & Applied Biosciences*, vol. 4, no. 5, pp. 212-225, 2016.
- [9] A. E. Assogbadjo, J. T. C. Codjia, B. Sinsin, M. R. M. Ekue, G. A. Mensah, "Importance of rodents as a human food source in Benin," *Belgian Journal of Zoology*, vol. 135, pp. 9-13, 2005.
- [10] A. Ngom, Evaluation des ressources forestières dans l'espace CEDEAO, Rapport Région, CEEREC, 167 p, 2015.
- [11] L. Popoola, "Commerce transfrontalier des produits et services forestiers et impacts de ce commerce en Afrique de l'Ouest," *African Forest Forum. Working Paper Series*, Vol. 2, no. 8, 61 p, 2014.
- [12] V. Tieha, Politique forestière 2010 – 2015, Côte d'Ivoire, 135 p, 2010.
- [13] D. Louppe, Etude sur l'exploitation forestière et les contraintes d'une gestion durable des forêts dans le domaine rural en Côte d'Ivoire. Cirad - La recherche agronomique pour le développement, 67 p, 2013.
- [14] M. R. Guariguata, "Compatibility of timber and non-timber forest product management in natural tropical forests: Perspectives, challenges, and opportunities. *Forest Ecology and Management*," vol. 259, pp. 237-245, 2010.
- [15] SODEFOR, Plan d'aménagement de la forêt classée de Yap-Abbé : 1999-2023, SODEFOR Edition, 141 p, 1999.
- [16] A. G. Bado, Contribution à l'amélioration des reboisements réalisés par les industriels en Forêts Classée de Yapo-Abbé : Cas de TRANCHIVOIRE. Mémoire de technicien supérieur des Eaux et Forêts, Azaguié, Côte d'Ivoire, 92 p, 2004.
- [17] D. Konan, Etude de la dynamique floristique, structurale et du potentiel germinatif du stock semencier du sol de la forêt classée de Yapo-Abbé : contribution pour une gestion durable des forêts classées de la côte d'ivoire. Thèse de doctorat unique, UNA, UFR SN, Laboratoire de Biologie et Amélioration de production Végétaux, Côte d'Ivoire, 237 p, 2016.

- [18] B. Bergeroo-Campagne, "Evolution des méthodes d'enrichissement de la forêt dense de Côte d'Ivoire," *Bois et Forêts des tropiques*, vol. 58, pp. 17-32, 1958.
- [19] R. Corthay, Analyse floristique de la flore sempervirente de Yapo (Côte d'Ivoire), Travail de diplôme, Université de Genève, Suisse, 152 p, 1996.
- [20] J. L. Guillaumet, Recherche sur la végétation et la flore de la Région du bas Cavally (Côte d'Ivoire). Mémoire O.R.S.T.O.M. 20, 247 p. 1967
- [21] A. Aubréville, "L'expérience de l'enrichissement par layons en Côte d'Ivoire," *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, vol. 29, pp. 3-9, 1953.
- [22] G. Martin, Ethnobotany. A method manual. Chapman, Hall. London, 268 p, 1995.
- [23] J. Hutchinson et J. M. Daziel, Flora of West Tropical Africa. Ed. 2. Crown Agents for Oxersea Governments and Adminidtrations, London, vol. I, no. III, pp. 91-112, 1954-1972.
- [24] L. Aké-Assi, Flore de la Côte d'Ivoire : catalogue systématique, biogéographique et écologie, Boissiera, vol. 57, no. 1, 396 p, 2001.
- [25] L. Aké-Assi, Flore de la Côte d'Ivoire : catalogue systématique, biogéographique et écologie. Boissiera, vol. 58, no. 2, 401 p, 2002.
- [26] G. T. Prance, W. Balee, B. M. Boom et R. L. Carneiro, "Quantitative ethnobotany and the case for conservation in Amazonia," *Conservation Biology*, vol. 1, pp. 296-310, 1987.
- [27] B. Hoffman and T. Gallaher, "Importance Indices in Ethnobotany," *Ethnobotany Research & Applications*, vol. 5, pp. 201-218, 2007.
- [28] C. E. Shannon, "A mathematical theory of communication," *Bell System Technical Journal*, vol. 27, pp. 379-423, 1948.
- [29] Géhu, J M. et Géhu, J., Essai d'objection de l'évaluation biologique des milieux naturels Exemples littoraux. In : J.M. Géhu, (eds), Séminaire de Phytosociologie Appliquée, Amicale Francophone de Phytociologie, Metz, pp. 75-94.
- [30] UICN, 2015. Nouvelle actualisation de la Liste rouge de l'UICN : le changement climatique est la menace la plus grave pour la survie de l'ours polaire, [Online] Available: <http://www.uicn.fr/Liste-rouge-mondiale-2015-4.html> (Mai 2015)
- [31] S. C. Piba, Diversité floristique et potentiel en espèces sources de produits forestiers non ligneux de la forêt classée de Yapo- Abbé : contribution pour un aménagement durable, Thèse Unique, Université Nangui A., Abidjan, 237 p, 2016.
- [32] G. Hardin, "The Tragedy of the Commons," *Science, New Series*, vol. 162, pp. 1243-1248, 1968.
- [33] N. J. Kassi, Y. Tuo et I. Zo-Bi, 2017 "Diversité floristique et infiltration humaine de la forêt classée de la Besso (Côte d'Ivoire)," *Journal of Applied Biosciences*, vol. 114, pp. 11299-11308, 2017.
- [34] K. A. Kouakou, Y. S. S. Barima, A. T. M. Kouakou, Y. C. Sangne, I. Bamba et N. F. Kouamé, "Diversité végétale post-conflits armés de la Forêt Classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)," *Journal of Animal & Plant Sciences*, vol. 26, no. 2, pp. 4058 – 4071, 2015.
- [35] H. Tabuna, Évaluation des échanges des produits forestiers non ligneux entre l'Afrique subsaharienne et l'Europe, Rome, FAO, 91 p, 2000.
- [36] D. F. Malan, D. Neuba et K. L. Kouakou, "Medicinal plants and traditional healing practices in ehotile people, around the aby lagoon (eastern littoral of Côte d'Ivoire)," *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, vol. 11, 21 p, 2015.
- [37] F.H. Tra Bi, Utilisation des plantes, par l'homme, dans les forêts classées du Haut-Sassandra et de Scio, en Côte-d'Ivoire. Thèse de Doctorat de 3ème Cycle, Université de Cocody-Abidjan, F.A.S.T, N° d'ordre : 257/97, 212 p, 1997.
- [38] N. M. T Kouamé, K. Soro, A. Mangara, N. Diarrassouba, A. V. Coulibaly, et N. K. M. Boraud, "Étude physico-chimique de sept (7) plantes spontanées alimentaires du centre-ouest de la Côte d'Ivoire," *Journal of Applied Biosciences*, vol. 90, pp. 8450-8463, 2015.
- [39] C. B. Aké, N. M. T. Kouamé, P. Ballé, K. S. Doh et K. N'Guessan, "Edible organs of wild plant species: A synthesis of a social and economic survey in the district of Abidjan (South Côte D'Ivoire)," *International Journal of Science Innovations and Discoveries*, vol. 3, no. 6, pp. 561-568, 2013.
- [40] C. B. Aké, Koné M. W., Kamanzi A. K. et Aké M., 2006. Évaluation de quelques propriétés biologiques de produits de cueillette non ligneux vendus sur les marchés d'Abidjan et ses environs. Pharm. Méd. Trad. Afro., XIV : 1-17.
- [41] I. A. Zoro Bi et L. K. Kouakou, "Étude de la filière rotin dans le district d'Abidjan (Sud Côte d'Ivoire)," *Biotechnologie Agronomie Société Environnement*, vol. 8, no. 3, pp. 199 – 209, 2004.
- [42] J. J. Loumeto, Gestion et valorisation des PFNL au Congo : Revue bibliographique. Projet FORENET, 80 p, 2010.
- [43] B. Bassirou, C. S. Olsen, I. Theilade, R. Bellefontaine, S. Guinko, A. M. Lykke, A. Diallo et J. I. Boussim, "Identification des arbres hors forêt préférés des populations du Sanmatenga (Burkina Faso)," *Bois et Forêts des Tropiques*, vol. 298, no. 4, pp. 53-64, 2008.
- [44] L. Zapfack, S. Engwald, B. Sonke, G. Achoundong et B. Madong, "The impact of land conversion on plant biodiversity in the forest zone of cameroon" *Biodiversity and conservation*, vol. 11, pp. 2047–2061, 2002.

- [45] A. F. Nkwatoh, L. Popoola, S.M. Iyassa, F.W. Nkwatoh, N.L. Ndumbe and M.E. Ewane, "Harvesting and marketing of Gnetum species (Engl) in Cameroon and Nigeria," *Journal of Ecology and the Natural Environment*, vol. 2, no. 9, pp 187-193, 2010.
- [46] G. Lescuyer, "Importance économique des produits forestiers non ligneux dans quelques villages du Sud-Cameroun, *Bois et Forêts des Tropiques*, NTFP, vol. 304, no. 2, pp. 15-24, 2010.
- [47] L. Aké-Assi, Diversité floristique de la forêt de la Haute Guinée. Symposium International Ecosyn, 06-10 sept.-04, Abidjan, Côte d'Ivoire. 7 p, 2004.
- [48] S. Atsé, Les plantations forestières de l'Abbé. SODEFOR, Direction des reboisements, Rapport d'activités, 93 p, 1979.
- [49] R. Catinot, "Sylviculture tropical en forêt dense Africaine," *Revue Bois et Forêts des tropiques*, vol. 3, 14 p.
- [50] N. M. Guedje, N. C. Fokunang, T. R. B. Jiofack et F. R. Dongmo, Opportunités d'une exploitation soutenue des plantes médicinales dans l'aménagement forestier. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 4, no. 4, pp. 1346-1372, 2010.
- [51] K. Akpagana et P. Boucher, "La disparition des espèces végétales et la pharmacopée traditionnelle en Afrique tropicale," *Pharm. Méd. trad. Afro*, pp. 63-66, 1995.

La politique douanière en matière d'importation des véhicules d'occasion et son impact sur les recettes de la DGDA : Cas de l'Inspection de Kasindi-Lubiriha (RD Congo)

Kasereka Mulimaposo Sero-Man¹, Don Mbiya Muvyele², Ambereki Mukute Augustin³, and Mulemba Wemba Christophe⁴

¹Chef de Travaux, Institut Supérieur Pédagogique de Oicha, RD Congo

²Chef de Travaux, Institut Supérieur de Commerce de Beni, RD Congo

³Doctorant et Chef de Travaux, Université Catholique du Graben de Butembo, RD Congo

⁴Assistant, Institut Supérieur de Commerce de Beni, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The main goal of this study is to appraise the Congolese customs policy with regard to the evaluation of customs duties of used cars imported in DRC in 2013-2014. For the testing of our hypothesis, we used the comparative method, supported by documentary and interview techniques. After analysis, there was noticed a decrease in the income of "DGDA"/Kasindi, and ten years after, sensible takings deriving from the import of secondhand cars were estimated to 75, 483, 793. 22. However, there was a decrease in the number of traffic accidents in 2014 as seen from table2. This work appraises the degree of mobilisation of the income of the "DGDA" (customs and excise service) with regard to the implementation of the prime Minister's decision concerning the import of secondhand cars.

KEYWORDS: customs, import, vehicles.

RÉSUMÉ: L'objectif principal de notre travail est d'apprécier la politique douanière congolaise en rapport avec l'évaluation en douane des véhicules d'occasion importés en RDC de 2013-2014. Ainsi, nous avons usé de la méthode comparative en recourant au test de comparaison de deux moyennes pour la vérification de notre hypothèse ; secondée par les techniques documentaires et d'entretien. Après analyse, il y a eu une baisse sensible des recettes de la DGDA/Kasindi et dix ans après, les recettes issues d'importation des véhicules d'occasion seront estimées à 75 483 793, 22 CDF de notre estimation. Cependant, il y a eu une baisse d'accidents en 2014 comme le montre le tableau n°2. Ce travail évalue donc le degré de la mobilisation des recettes de la DGDA (Direction Générale des douanes et Accises) suite à la mise de la décision de la Primature en rapport avec l'importation des véhicules d'occasions.

MOTS-CLEFS: douane, importation, véhicules.

1 INTRODUCTION

Aucun pays n'a tous les biens nécessaires à la satisfaction des besoins de sa population. C'est pourquoi les pays s'engagent dans le commerce international. L'échange international augmente le bien-être économique d'une nation dans le sens où les gains des gagnants sont supérieurs aux pertes des perdants.¹ Tout Etat moderne a besoin de ressources fiscales et, toute marchandise circulant en trafic international, source de richesses, doit être soumise à l'impôt, droit de port, contrôle, etc. Dans certains cas, comme en R.D. Congo (ex. zaïre), les marchandises peuvent être taxées dans les deux sens, à l'importation et à

¹ Gregory N. MANKIW et Mark P. TAYLOR, *Principes d'économie*, éditions de Boeck Université, Paris, 2010, p. 212.

l'exportation.²Après observation et analyse des politiques économiques, le Gouvernement a arrêté une décision émanant de la primature à la sortie du Décret n° 12/041 du 02 octobre 2012 portant réglementation de l'importation des véhicules d'occasions en RDC³ ayant comme fondement l'interdiction de l'importation de véhicules fabriqués avant 2005, c'est-à-dire usagés de plus de dix ans à l'entrée en vigueur dudit décret, c'est-à-dire jusqu'à 2015. En effet à son article 3 stipulant que tous les véhicules automobiles d'occasion, à importer en République Démocratique du Congo, doivent répondre aux conditions suivantes :

- Présenter un état technique satisfaisant, attesté par un centre de contrôle du pays de provenance ;
- Avoir été mis en circulation sur une période n'excédant pas 10 (dix) ans pour les véhicules à usage personnel (voitures et bus de moins de 10 places) ;
- Avoir été mis en circulation sur une période n'excédant pas sept ans pour les véhicules utilitaires autres que les poids lourds (bus de plus de 10 places et camionnettes) ;
- Avoir été mis en circulation sur une période n'excédant pas 10 (dix) ans pour les poids lourds.

Pourtant le niveau de vie de la population congolaise en termes de moyens de transport limités, faibles revenus, etc., mais aussi le fait que l'économie soit très faible (fort niveau de chômage et sans salaires dignes), versatile et dépendante en grande partie de l'extérieur, semblent rendre inappropriée une telle mesure.

Toutes les activités économiques, de production comme de consommation, sont bien souvent des sources de pollution. La croissance économique, en multipliant les volumes de production et de consommation, doit donc logiquement conduire à toujours plus de dommages environnementaux⁴. La libéralisation du commerce permet aux pays en développement de se spécialiser dans les secteurs qui sont soumis à des réglementations environnementales très strictes dans les pays développés.

C'est ainsi que notre pays ne doit pas être considéré comme un dépotoir des véhicules sur-usagés. Actuellement, il faut protéger notre environnement. Donc, du point de vue international, cette pratique ne pouvait pas donner une bonne image de notre pays à l'extérieur. Tous ces facteurs justifieraient suffisamment la décision de la primature.

Avec toutes ces considérations, il nous convient de nous poser la question de savoir, finalement : pourquoi le gouvernement congolais via la DGDA interdit-il l'importation de véhicules d'occasion ? Quel est l'effet de cette politique sur les recettes douanières ? On pourrait soupçonner raisonnablement que la vétusté de ces véhicules d'occasion serait à la base de beaucoup d'accidents de circulation, mais aussi que l'application de cette politique douanière baisserait les recettes douanières (des véhicules d'occasions).

Notre étude s'étend sur deux périodes. La première, de 12 mois, part de Janvier à Décembre 2013. Période au cours de laquelle la loi sur l'interdiction de l'importation de véhicules d'occasion n'était pas encore entrée en vigueur. La seconde portant sur l'année entière de 2014 renferme les informations ayant trait avec l'application du Décret. Si notre attention vise la DGDA en général, nos investigations se concentrent plutôt sur le bureau de la DGDA de Kasindi-Lubiriha, situé au poste frontalier République Démocratique du Congo-Ouganda, en secteur de Ruwenzori, Territoire de Beni, Province du Nord-Kivu, à l'Est du Congo. Ce travail démontre les impacts de cette décision non seulement sur les recettes de la DGDA, mais aussi sur la vie socioéconomique des résidents en territoire et ville de Beni via le poste frontalier de Kasindi – Lubiriha.

2 DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

La méthode comparative nous a permis de comparer les résultats de deux périodes : la période d'avant l'application de cette loi portant interdiction d'importer des véhicules vieux de plus de dix ans et celle pendant laquelle elle a été en application. Selon Loudet Del Bayle⁵, les techniques apparaissent comme des outils de recherche mis en œuvre en fonction d'une stratégie définie par la méthode. Nous avons fait usage à plusieurs techniques : de documentaire, du questionnaire d'enquête et d'entretien libre structuré. Selon F. Bura Dhengo⁶, « la recherche documentaire permet au chercheur de s'assurer et de se rendre compte de la faisabilité théorique d'un projet de recherche. En même temps, elle permet l'évaluation de la documentation disponible afin d'éviter tout tâtonnement ». Cette technique nous permettra d'accéder à la réalité étudiée par

²Alexis S. THAMBWE MWAMBA, *Droit Douanier Zaïrois*, éditions P.U.Z, Kinshasa, 1996, p. 16.

³JOURNAL OFFICIEL-NUMERO SPECIAL-18 mars 2011, p. 34.

⁴Paul KRUGMAN et Maurice OBSTFELD, *Economie internationale*, Nouveaux horizons, Paris, 2009

⁵LOUDET Del BAYLE, *Guide du chercheur en sciences humaines*, 2e Ed. C.E.C., 2012, p. 15.

⁶F. BURA DHENGO, *Les références bibliographiques. Guide de chercheur*, inédit, ISP/BUNIA, 1997, p. 15.

le dépouillement des documents, des rapports et des textes législatifs susceptibles de fournir des renseignements indispensables à notre recherche. En outre, le logiciel Excel nous a été utile pour la présentation des données automatiquement dans le graphique, ainsi que quelques calculs des moyennes, écart types, coefficient de variation,

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Dans cette partie, nous présentons les données recueillies dans notre champ d'investigation, afin de les analyser et d'interpréter les résultats.

3.1 EVOLUTION DU NOMBRE DE VÉHICULES DÉCLARÉS ET DES RECETTES RECOUVRÉES PAR LA DGDA

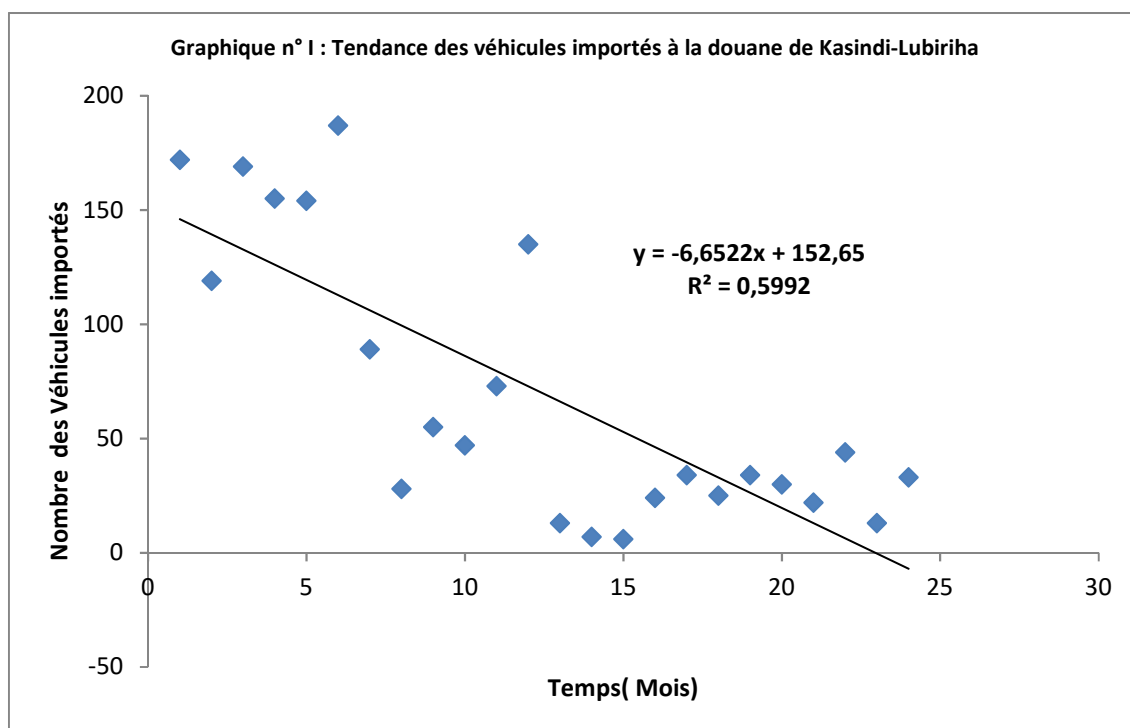
Voici comment les données se présentent (recettes exprimées en Francs congolais) :

Tableau 1. *Nombre total des véhicules déclarés et recettes recouvrées en 2013 (avant l'interdiction) et 2014 (pendant l'interdiction)*

Années Mois	Année 2013			Année 2014		
	Nombre véhicules Importés	Poids bruts	Recettes	Nombres véhicules Importés	Poids bruts	Recettes
Janvier	172	277777	120 363 105	13	45321	18 941 638
Février	119	201288	105 434 521	7	47232	18121405
Mars	169	308215	143 050 992	6	8640	11462082
Avril	155	327752	140 170 827	24	20320	28287944
Mai	154	344445	137 511 063	34	52900	33262189
Juin	187	370786	151 036 258	25	41825	29388068
Juillet	89	198556	88 083 803	34	89014	43049622
Août	28	49875	28 816 174	30	41180	37034722
Septembre	55	128260	52 860 822	22	53650	28986650
Octobre	47	83041	40 797 917	44	124845	52391558
Novembre	73	15405	56 344 579	13	19085	16116291
Décembre	135	142017	100 050 815	33	49991	23743490
Total général	1 383	2 447 417	1 164 520 876	285	594 003	340 785 659

Sources : Rapports annuels du Bureau des recettes DGDA/ Kasindi – Lubiriha

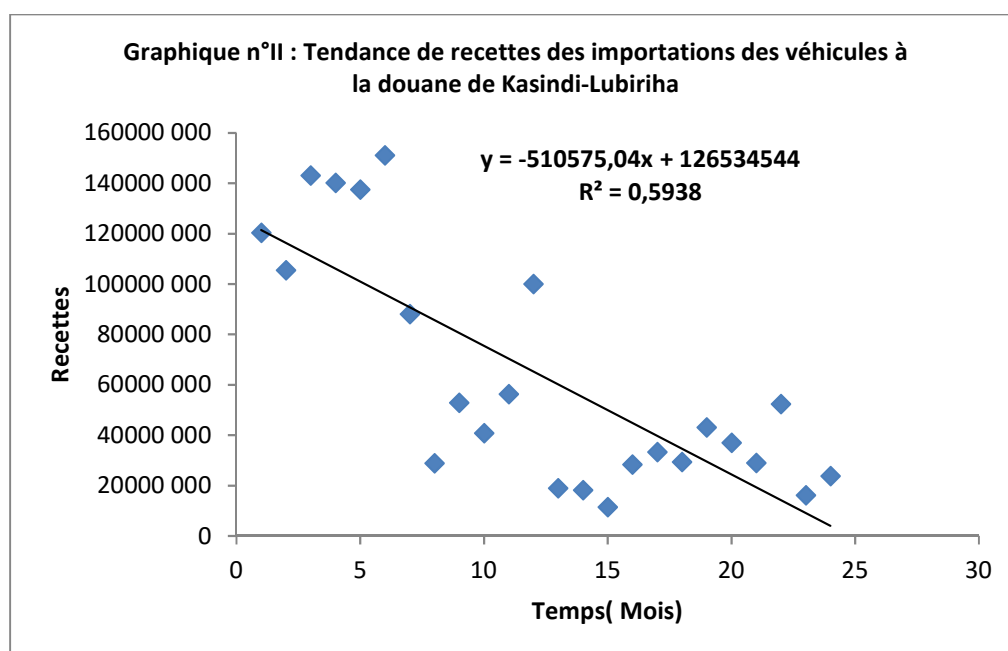
Pour les deux années d'études, l'effectif des véhicules importés en 2013 s'élève à 1 383 engins, ayant comme poids brut de 2 447 417 kg, et les recettes totales annuelles de **1 164 520 876** CDF. Par rapport à 2014, nous observons que l'effectif des véhicules importés a diminué jusqu'à atteindre un total annuel de 285 véhicules, ayant comme poids brut de 594 003 kg, et les recettes annuelles ont sensiblement baissés jusqu'à un total de 340 785 659 CDF.



L'équation de la droite $Y = -6,65222X + 152,65$. Ce qui indique que le nombre des véhicules diminue de 6 en moyenne d'une période à une autre ainsi que la baisse du poids brut de 12281 en nous référant de la droite $Y = -12281X + 280241$

3.2 ETUDE COMPARATIVE DU NOMBRE DES VÉHICULES ET DES RECETTES MOBILISÉES AVANT ET PENDANT LE DÉCRET

Notre première période d'étude est celle pendant laquelle la décision de la primature n'était pas encore mise en vigueur. Cette dernière était encore en élaboration en attendant sa mise en application à partir de l'an 2014. Nous observons l'évolution de nombre des véhicules et recettes correspondantes déclarés en 2013, et puis la tendance de la droite de régression pour cette première période d'étude dans le tableau n°I, ainsi que le graphique ci-après :



La droite de tendance des recettes évolue dans une allure décroissante. Les recettes réalisées par la DGDA/Kasindi au cours de l'année 2013 à 2014 ont connu une baisse sensible, en moyenne 510 575, 04 CDF. Le coefficient de détermination linéaire estime l'intensité de la liaison linéaire et exprime dans quelle mesure les variations d'une variable expliquent celles de l'autre et représente la fraction des fluctuations de la variable dépendante qui s'explique par les modifications de la variable indépendante⁷. Plus ce coefficient est proche de 1, plus la part de la variance expliquée est forte. La politique appliquée explique à 40,6% la diminution des recettes au niveau de la douane.

3.3 MISE EN PLACE DE LA POLITIQUE DOUANIÈRE

L'Etat est le seul acteur à pouvoir intervenir au niveau macroéconomique par la mise en place des politiques économiques ; et dans la prise en charge par l'Etat des risques sociaux. Dans certains pays, l'intervention de l'Etat va plus loin et touche à l'aménagement du territoire, la planification, la nationalisation d'entreprises, ... ; d'où, l'on parle à ce niveau d'économie mixte pour désigner la double régulation de l'économie par le marché et par l'Etat⁸. Analysons l'impact de la mise en place de la politique douanière sur les recettes de la DGDA, en utilisant le test de comparaison des moyennes.

1. Hypothèses : $H_0 : \mu_1 < \mu_2$, $H_a : \mu_1 > \mu_2$ Test bilatéral
2. Seuil de signification : $\alpha = 5\%$
3. $n_1 = 12 < 30$; $n_2 = 12 < 30$ petits échantillons. σ_1 et σ_2 sont inconnus alors nous supposons que $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ et α est estimé par Sp. Le test statistique devient T de student.
4. Règle de décision : Rejeter H_0 si $|t_c| \geq t_{\alpha; n_1+n_2-2} = t_{0,05;22} = 2,0739$
5. Calcul :

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{(12 - 1).43338074,14^2 + (12 - 1).11848722,01^2}{22} = 868898228446939,14975$$

$$T_c = \frac{(97043406,33 - 28398804,92) - 0}{\sqrt{868898228446939,14975 \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{12} \right)}} = \frac{68644601,41}{12033967,40} = 5,7$$

6. Décision : nous constatons que $t_{cal} = 5,7 > t_{0,05;22} = 2,0739$, nous rejetons H_0 au seuil de 5%. Nous concluons que les recettes pendant l'application des politiques d'interdiction ont été inférieures par rapport à celles d'avant l'application.

⁷ Cf. Pierre BAILLY et Christine CARRERE, *Statistiques descriptives cours*, éditions Presses Universitaires de Grenoble, Paris, 2007, p. 89.

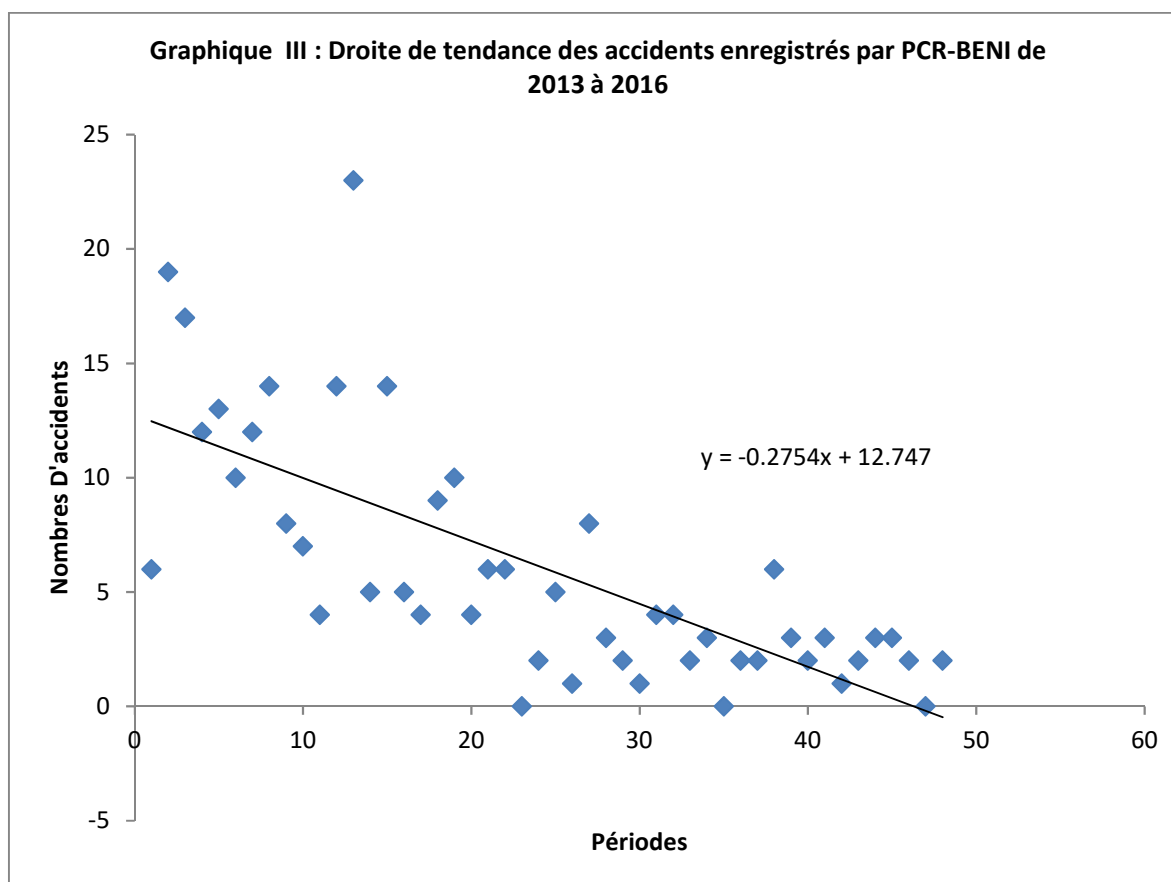
⁸ Jean LONGATTE et Pascal VANHOVE, *Economie générale*, 7^{ème} édition, Dunod, Paris, 2013, p. 87.

Tableau 2. Evolution des cas d'accidents enregistrés par la PCR-Beni

	2013		2014		2015		2016	
Mois	ni	fi	ni	fi	ni	fi	ni	fi
Janvier	6	0,04412	23	0,261364	5	0,14285714	2	0,068966
Février	19	0,13971	5	0,056818	1	0,02857143	6	0,206897
Mars	17	0,125	14	0,159091	8	0,22857143	3	0,103448
Avril	12	0,08824	5	0,056818	3	0,08571429	2	0,068966
Mai	13	0,09559	4	0,045455	2	0,05714286	3	0,103448
Juin	10	0,0735294	9	0,102273	1	0,02857143	1	0,034483
Juillet	12	0,0882353	10	0,113636	4	0,11428571	2	0,068966
Août	14	0,1029412	4	0,045455	4	0,11428571	3	0,103448
Septembre	8	0,0588235	6	0,068182	2	0,05714286	3	0,103448
Octobre	7	0,0514706	6	0,068182	3	0,08571429	2	0,068966
Novembre	4	0,0294118	0	0	0	0	0	0
Décembre	14	0,1029412	2	0,022727	2	0,05714286	2	0,068966
Total	136	1,0	88	1,0	35	1,0	29	1,0

Source : Rapports Annuels de la PCR – Beni/ville

En 2013, la PCR a enregistré au total 136 cas d'accidents de véhicules dans tous les axes routiers de la ville et territoire de Beni. La plupart des accidents sont causés par panne mécanique, excès de vitesses, imprudence au volant, imprudence du piéton. En 2014 par contre, la PCR-Beni a enregistré au total 88 cas d'accidents des véhicules. Durant cette période d'étude, la décision de la primature a un impact positif sur la circulation routière des véhicules en diminuant les accidents de 136 à 88 cas.



Cette politique révèle qu'au cours de notre période d'étude, les accidents ont aussi baissé comme le montre la droite $Y = -0,2754X + 12,747$ avec une diminution de 0,2754 en moyenne. En fait, le nombre des véhicules et le poids influent fortement sur les recettes c'est-à-dire les deux variables expliquent les recettes à ce niveau.

D'après John Maynard Keynes, l'Etat joue un rôle central en vue de relancer la croissance économique soit en augmentant les investissements soit en augmentant les revenus des ménages⁹. Notre Gouvernement devrait donc étudier comment éviter le manque à gagner. Après calculs, nous avons trouvé les coefficients de variation de 47,61% à 2013 et 50,40% à 2014. En effet, comme les coefficients de variations sont supérieurs à 30, les véhicules importés ont connu une dispersion et cela dénote la pratique de la fraude.

4 CONCLUSION

Cette étude apprécie la politique douanière en matière d'importation des véhicules d'occasion et son impact sur les recettes de la DGDA au niveau de l'inspection de Kasindi-Lubiriha, pour une période de vingt-quatre mois, c'est-à-dire de janvier 2013 à décembre 2014. Ainsi, nous avons abouti aux résultats suivants : l'application de cette politique douanière en matière d'importation des véhicules d'occasion dans notre Pays a entraîné une réduction considérable des recettes issues de l'importation des véhicules d'occasion. Et cela est prouvé par le test de comparaison de deux moyennes qui nous a conduit d'accepter H_0 au seuil de 5%, où $t_{calc} = 5,7$ f $t_{0,05;22} = 2,0739$. La décision de la primature a un impact positif sur la circulation routière des véhicules, les cas d'accident sont passés de 136 en 2013 jusqu'à 88, en 2014 avec la droite de tendance $Y = -0,2754X + 12,747$ expliquant cette baisse. Toutes nos hypothèses ont donc été confirmées.

Nous ne prétendons pas avoir tout exploité toute la politique douanière. Nous invitons tous chercheur intéressé de ce domaine de continuer la construction de ce chantier pour l'achèvement de l'œuvre.

REFERENCES

- [1] BAILLY P. et CARRERE C., *Statistiques descriptives cours*, éditions Presses Universitaires de Grenoble, Paris, 2007
- [2] BURA DHENGO F., *Les références bibliographiques. Guide de chercheur*, inédit, ISP/BUNIA, 1997
- [3] FENET C. et WAQUET Isabelle, *Economie contemporaine*, éditions Dunod, Paris, 2013
- [4] JOURNAL OFFICIEL-NUMERO SPECIAL-18 mars 2011
- [5] KRUGMAN P. ET OBSTFELD M., *Economie internationale*, Nouveaux horizons, Paris, 2009
- [6] LONGATTE J. et VANHOVE P., *Economie générale*, 7^{ème} édition, Dunod, Paris, 2013
- [7] LOUDET Del BAYLE, *Guide du chercheur en sciences humaine*, 2e Ed. C.E.C., 2012
- [8] MANKIW G. et TAYLOR M., *Principes d'économie*, éditions de Boeck Université, Paris, 2010
- [9] THAMBWE MWAMBA Alexis S., *Droit Douanier Zaïrois*, P.U.Z, Kinshasa, 1996.

⁹Catherine FENET et Isabelle WAQUET, *Economie contemporaine*, éditions Dunod, Paris, 2013, p47.

The actors who feed the new prostitution in Kara (Togo)

[Les acteurs qui nourrissent la nouvelle prostitution à Kara (Togo)]

M. Yentougle MOUTORE

Département de Sociologie, Université de Kara (Togo), BP : 43, Kara, Togo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The various questions on the capacity of companies to self-build stress the need for sociospatial integration of all actors. However, urban construction in African cities forces exclusion and accelerates the impoverishment of socially weakened groups, giving rise to deviant behaviors such as prostitution, whose attempts to eradicate public policies have chess. For this research, the eradication of prostitution in the city of Kara should pass not by sex workers but rather by their clients. This is why through a theoretical and methodological triangulation (documentary, qualitative and sociometry), the research first tried to understand how the girls in Kara enter prostitution, in order to understand how they are looking for clients and build their networks of prostitution. From there, it was possible to identify the two recurring profiles of clients of sex workers in the city of Kara: the first classic profile of individuals in the informal sector between the ages of 30 and 40; and the second, apprentice profile, where individuals are 20-30 years old and unemployed.

KEYWORDS: clients, Kara, prostitution, networks, sex workers.

RÉSUMÉ: Les différents questionnements sur les capacités des sociétés à s'autoproduire insistent sur la nécessité d'une intégration sociospatiale de tous les acteurs. Pourtant, la construction urbaine dans les villes africaines contraint l'exclusion et accélère la paupérisation des groupes socialement fragilisés, en donnant naissance à des comportements déviants à l'instar de la prostitution, dont les tentatives d'éradication par les politiques publiques ont enregistré des échecs. Pour cette recherche, l'éradication de la prostitution dans la ville de Kara devrait passer non par les travailleuses de sexe mais plutôt par leurs clients. Voilà pourquoi à travers une triangulation théorique et méthodologique (documentaire, qualitative et la sociométrie), la recherche a d'abord tenté de comprendre comment les jeunes filles à Kara entrent dans la prostitution, dans le but de comprendre comment elles cherchent les clients et se construisent leurs réseaux de prostitution. A partir de là, a pu être dégagés les 02 profils récurrents des clients des travailleuses de sexe dans la ville de Kara : le premier *profil classique* regroupant les individus du secteur informel ayant un âge compris entre 30 et 40 ans ; et le second, *profil apprenti*, où les individus sont âgés de 20-30 ans et sont sans emploi.

MOTS-CLEFS: clients, Kara, prostitution, réseaux, travailleuses de sexe.

1 INTRODUCTION

L'urbanisation des villes africaines, en rehaussant les conditions de vie des populations urbaines, a en même temps creusé l'écart de vie avec les populations pauvres, pour la plupart migrante en milieu urbain en quête d'emplois rémunérateurs en raison des politiques de ségrégation urbaine à l'œuvre. Si depuis 2008 « *le Togo a amorcé une croissance régulière de son PIB (...) pour voir son taux de croissance passé de 2.4% à 5.6 en 2012 (...), elle n'est pas pro-pauvre car elle a plus bénéficié aux riches qu'aux plus pauvres* » (PNUD, 2012). Le même rapport souligne que « *De fait, les inégalités se sont accrues et l'extrême pauvreté a augmenté de 2 points de pourcentage entre 2006 et 2011* ». En approfondissant l'écart social entre les populations au Togo et particulièrement dans les principales villes, les riches s'enrichissant davantage et les pauvres s'appauvrissant encore plus, l'urbanisation a favorisé l'émergence et le développement des activités "avilissantes" beaucoup plus chez les jeunes touchés de plein fouet par une situation de sous-emploi massive.

Face à l'absence de politique d'emploi dans les pays subsahariens à l'instar du Togo, les jeunes sont en proie au chômage et engagés perpétuellement dans une lutte pour la survie au péril de la vie ou de la dignité. En effet, pendant que le taux de

chômage passait de 6,5 % en 2011 à 3,4 % en 2015 (INSEED cité par Togo tribune, décembre 2017), le sous-emploi passait pour les jeunes de 15-34 ans (révolus) de 22,8 % en 2011 à 24,9 % en 2015. Face à cette crise de l'emploi, les jeunes faisaient le choix des activités secondaires et subsidiaires à l'instar de la prostitution afin de faire face à la jungle urbaine de l'individualisme. Une activité contraire aux valeurs traditionnelles mais aussi modernes.

Fortement désavouée par les populations togolaises, la prostitution s'est pourtant imposée ces dernières années comme le carrefour de l'urbanité à travers les modes vestimentaires et l'ambiance des soirées, recherchés dans la fougue de la jeunesse. « *A travers leur style vestimentaire, les prostituées et les jeunes rastafari qui, bien souvent, jouissent d'une mauvaise réputation, se distinguent par une urbanité cosmopolite, alors qu'un riche commerçant vêtu d'une tenue traditionnelle, incarne l'opulence de l'urbanité locale* » (Hilgers, 2009 : 145). En raison du contexte socio-économique et culturel favorable au développement de la prostitution, vont émerger de nouvelles pratiques et de nouveaux modes vestimentaires adoptés par les jeunes. Ils vont ainsi attirer les jeunes autochtones et migrants financièrement fragilisés. La perte des repères des migrants et des autochtones, tributaire d'une crise sociale manifeste dans un contexte de dégradation des conditions de vie, accélère la solidarité intragroupe (riche/pauvre) mais creuse davantage les relations intergroupes. Les jeunes financièrement et socialement fragilisés sont dorénavant plus enclins aux voies de la prostitution grâce aux stratégies de récupération.

Pour cette recherche, l'objectif est d'identifier les acteurs qui nourrissent la nouvelle prostitution à Kara (Togo). Il exige de comprendre avant tout les facteurs explicatifs de l'enracinement et la pérennisation de la prostitution dans les différentes villes togolaises. Pour cela, elle choisit non uniquement de s'arrêter sur le parcours des prostituées, mais surtout les réseaux urbains que se construisent les prostituées ; des réseaux qui nourrissent aujourd'hui la forme moderne de prostitution. Comme avec Weitzer (2003 : 3), la prostitution est ici considérée comme « *les produits, les actes ou les services sexuels échangés contre une compensation matérielle* ». Plus clairement comme le définit Christophe Brochier (2005 :79-80), « *la prostitution au sens large renverra au fait d'établir avec d'autres personnes des relations dont l'aboutissement logique est un acte sexuel, avec pour but d'obtenir à court terme une rémunération* ».

L'intérêt de la recherche réside dans le fait qu'elle interroge davantage plus les clients des prostituées pour en saisir les motivations du choix de cet itinéraire sexuel ; le client étant le moteur de fonctionnement de la prostitution. Voilà pourquoi la recherche s'articulera autour de trois questions essentielles : Qui fréquente les prostituées ? Construire le profil des clients des prostituées permettrait d'analyser les causes endogènes de la fréquentation des "maisons closes". A partir de là, il faudra étudier non le parcours de vie des prostituées, mais celui des clients des prostituées, afin de saisir les influences sociales ou le contexte socioculturel, politique ou économique déterminant dans la fréquentation des prostituées dans les principales villes du Togo. La construction du profil des prostituées devant passer par l'analyse des réseaux urbains des prostituées, il s'agira donc de s'intéresser aux stratégies masquées des prostituées de conquête de clients mais aussi et surtout d'accroissement de leurs réseaux urbains. Cela passe par les stratégies de reconnaissance et d'affirmation de la prostituée dans sa zone. Enfin, la troisième, conséquente à la précédente va aider avant cela à analyser les processus d'entrer dans le métier de prostitution à Kara. Quels sont les enjeux, les acteurs et les déterminants de l'entrée dans le métier chez les néo prostituées ?

2 CADRE MÉTHODOLOGIQUE ET THÉORIQUE

2.1 CADRE MÉTHODOLOGIQUE

L'analyse des milieux spécifiques exige une méthodologie particulière mais plus rigoureuse afin d'aborder et appréhender l'intimité de la vie des acteurs abordés. Pour analyser les trois facettes de la thématique, nous faisons le choix de la triangulation méthodologique : la recherche documentaire, la méthode quantitative et qualitative.

D'abord, pour comprendre, grâce à la recherche documentaire, les étapes d'évolution du métier dans le temps et dans l'espace, les acteurs en jeu, les crises que le métier a traversées et surtout les échecs des différentes politiques publiques de son étouffement. Ensuite, il a été question à l'aide de la démarche quantitative de construire le profil des prostituées dont les réseaux urbains seront analysés. Pour cela, à l'aide de questionnaire indicatif, des entretiens ont été réalisés dans les zones à forte réputation (objectivement reconnues comme zone de prostitution et de maisons closes dont Lufthansa à Kara) avec les gérants de bar et de maisons closes, des prostituées et des acteurs identifiés comme fréquentant régulièrement ces espaces. L'outil est administré aux trois types d'acteurs identifiés, rencontrés durant la période d'enquête allant du 15 Octobre 2017 au 28 février 2018. Les descentes d'enquête se sont réalisées les vendredis et les samedis soir dans les périodes les plus mouvements des zones de 22h à 00h30. Comme avec Brochier (op. cit.) « *Par commodité, le mot "prostituées" désignera les femmes que j'ai pu observer se livrant à des actes de prostitution au sens large* ».

Et enfin à travers la démarche qualitative saisir la nature des relations socioprofessionnelles des différents acteurs engagés dans la prostitution. Elle s'appliquera à trois niveaux :

- des entretiens individuels approfondis avec 15 prostituées à Kara tirés au hasard mais ayant été observées à plusieurs reprises en situation de prostitution ; 05 proxénètes (entendons par là des acteurs qui nous ont mis en contact avec une prostituée et des gérants des maisons closes) ; et 17 clients des prostituées (ceux qui ont été vu au moins deux fois en situation d'achat des services d'une prostituée) ;
- l'observation directe qui a consisté à passer au moins 02h30 durant la période d'enquête citée plus haut. L'objectif de cette observation était d'identifier essentiellement les trois types d'acteurs à enquêter : les prostituées, les clients des prostituées et les proxénètes. L'essentiel était d'identifier des acteurs fréquentant régulièrement les prostituées et les prostituées plus engagées dans le métier : celles qui sont davantage sollicitées dans la période d'enquête ;
- l'observation participante qui constitue l'étape finale de la démarche qualitative a consisté à nous faire passer pour un client et réussir ainsi à échanger avec les trois types d'acteurs : les prostituées, afin de comprendre comment maintenir la relation avec elle ; les clients, en nous faisant passer pour un client réussissant à solliciter leurs conseils dans le choix de la prostituée et surtout à s'insérer dans les réseaux de prostitution des clients ; mais aussi à décrypter leur parcours de vie et leurs motivations ; enfin les proxénètes, pour parvenir à entrer dans leur réseau de prostitution à travers la sollicitation de leurs conseils pour le choix des prostituées "chaudes".

D'autre part, la recherche a fait usage du test sociométrique afin de comprendre les structures sociales à la lumière des attractions et des répulsions qui se sont manifestées au sein du groupe de prostituées interrogé. L'objectif étant d'analyser les relations de choix ou de rejet (Moreno, 1954). Pour ainsi comprendre avec qui les prostituées sont en relation, la recherche s'efforce à travers la théorie des graphes du calcul matriciel analyser le contact entre les acteurs et surtout les motifs initiaux des différents rapprochements.

2.2 CADRE THÉORIQUE

Bien qu'aucun modèle d'analyse ne vaille les discours des prostituées, des clients et des proxénètes eux-mêmes sur le métier, un effort de recadrage des analyses va se faire à travers le choix de théories de référence. La complexité et la ramification de la thématique en raison des épiphénomènes exige également une triangulation théorique de cette recherche :

D'abord l'explication causale à travers la théorie structurale de l'action de Harrison White (1992) qui part du point de vue individualiste. Pour comprendre les relations sociales développées par les acteurs selon lui, il est essentiel de commencer à analyser l'identité individuelle de chaque membre du groupe pour saisir le tout-système, le réseau constitué. L'analyse du réseau social passe, en effet chez les prostituées, par les éléments identitaires de chaque individu. Les points de ressemblance qui permet de rapprocher les acteurs. C'est pourquoi, cette étude retient les 05 aspects qui donnent sens à une identité proposés par White à savoir : la recherche d'appuis sociaux dans un contexte d'incertitude radical qui caractérise aussi les contextes sociaux ; l'image projetée vers les autres ; la tension qui existe entre le conformisme et la créativité ; la construction *ex post* (autobiographie) ; et la notion de personne. C'est en effet à partir de cette identité construite qui va déterminer le choix de la prostitution que l'acteur va dépasser les discours stigmatisant et les étiquettes que le reste de la société globale leur colle, dans la mesure où la prostitution en contexte africain et précisément togolais est le point final d'un processus de déviance construite à partir de la perversion sexuelle.

C'est pour cela qu'en dépassant la théorie structurale de l'action, la recherche combine la théorie interactionniste entendu que l'identité se construit dans l'interactionnisme structural à partir de quatre formes : la complémentarité qui renvoie à la relation gagnant-gagnant entre client-prostituée, client prostituée-proxénète, client-proxénète ou encore prostituée-proxénète, permettant de définir les rôles sociaux de chaque acteur ; la domination qui marque le jeu de rôle entre les différents acteurs et permet la définition des strates sociales, des différents groupes ou réseaux urbains entrant en jeu dans le métier ; l'identification qui permet de construire le profil des acteurs d'abord à partir de la catégorisation des groupes (prostituées, clients, proxénètes), ensuite, par l'identification de ce qui relie les différents acteurs, c'est-à-dire ce qu'ils ont en commun et qui les rassemble ; enfin et dans la dynamique de la précédente, les similitudes qui aident à analyser les besoins sociaux ponctuels ou à long terme que cherchent à satisfaire chaque acteur qui s'engage dans la prostitution.

Enfin, pour répondre aux exigences de la lecture actuelle de la prostitution à travers les nouveaux acteurs qui nourrissent la nouvelle pauvreté, l'étude s'est également construite autour du fonctionnalisme et de la causalité partant du principe que les causes de l'amplification de la prostitution sont à rechercher non chez les prostituées, mais chez les clients. En effet, « *quand on entreprend d'expliquer un phénomène social [comme la prostitution], il faut rechercher séparément la cause efficiente qui le produit et la fonction qu'il remplit* » (Durkheim cité par Grawitz, 2001 : 426). L'objectif à travers l'usage du fonctionnalisme, comme l'écrit Roger Bastide (1956 : 87) est d'expliquer « *pourquoi les choses subsistent* ». L'essentiel n'est pas pour cette recherche d'expliquer le choix de la prostitution par les jeunes filles dans la ville de Kara, mais de comprendre pourquoi malgré les nombreuses politiques d'éradication le phénomène perdure. Voilà pourquoi contrairement aux nombreuses recherches qui se sont positionnées en faveur d'une action à l'endroit des femmes, celle-ci cherche à comprendre la fréquentation des prostituées par les hommes et saisir ainsi les facteurs social, familial, économique, culturel, politique déterminants.

3 LES RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

3.1 L'ENTRÉE DANS LA PROSTITUTION

Pour comprendre comment les jeunes filles se constituent leurs réseaux urbains de prostitution et l'adoptent comme métier même secondaire, il est intéressant de s'arrêter brièvement d'abord sur comment elles ont intégré le club des prostituées. Les différents entretiens réalisés dans le cadre de cette recherche ont révélé deux processus différents d'adoption de la prostitution : du vagabondage sexuel à la prostitution ; et de la pression sociale à la prostitution. Quel que soit le processus d'entrée dans la prostitution aucune jeune fille ne paraît se réjouir de la situation dans laquelle elle vit et n'avait jamais envisagé le devenir. Elle s'en contente en finissant par s'y complaire avec l'accroissement de leur réseau urbain qui donnera à leur métier une autre nature avec une représentation plus digne la plupart du temps.

Comme le résume le tableau ci-après, la première étape d'accession à la prostitution des jeunes filles dans la ville de Kara passe par un mouvement involontaire dont le point de départ est le vagabondage sexuel. La seconde prend naissance des différentes contraintes sociales vécues et endurées par les jeunes filles durant leur processus d'intégration sociale mais surtout professionnelle dans la ville de Kara.

Tableau 1. *Distribution des enquêtées suivant la durée, les déterminants d'adoption et les acteurs représentant les principales portes d'entrée dans le métier*

	Durée dans le métier	0-12 mois		1-5 ans		5-10 ans		10 ans et plus		Total		Total général	
Déterminants	Porte d'entrée dans le métier	Eff.	%	Eff.	%	Eff.	%	Eff.	%	Eff.	%	Eff.	%
vagabondage sexuel	Parent	0	0	1	6,67	0	0	0	0	1	6,67	9	60
	Ami	1	6,67	2	13,33	1	6,67	1	6,67	5	33,33		
	Collègue	0	0	1	6,67	1	6,67	0	0	2	13,33		
	Inconnu	0	0	0	0	0	0	1	6,67	1	6,67		
	Autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00		
Contrainte sociale	Parent	1	6,67	0	0	0	0	0	0	1	6,67	6	40
	Ami	0	0	2	13,33	0	0	0	0	2	13,33		
	Collègue	1	6,67	1	6,67	0	0	0	0	2	13,33		
	Inconnu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00		
	Autres	0	0	0	0	1	6,67	0	0	1	6,67		
Total	Parent	1	6,67	1	6,67	0	0	0	0	2	13,33	15	100
	Ami	1	6,67	4	26,67	1	6,67	1	6,67	7	46,67		
	Collègue	1	6,67	2	13,33	1	6,67	0	0	4	26,67		
	Inconnu	0	0	0	0	0	0	1	6,67	1	6,67		
	Autres	0	0	0	0	1	6,67	0	0	1	6,67		
Total général		3	20	7	46,67	3	20	2	13,33	15	100		

Source : Enquête de terrain, octobre 2017-février 2018

Les résultats des enquêtes résumés dans le tableau ci-dessous montrent que 60% de nos enquêtées pratiquant la prostitution y ont accédé suite à une période de vagabondage sexuel, même s'il trouve également essence dans la perte des valeurs morales dans une recherche identitaire en contexte urbain en raison des difficultés d'intégration. La dégradation des conditions de vie des populations urbaines de Kara, conséquence de l'accroissement de la sous-employabilité des jeunes et de la croissance démographique, a forcé les jeunes filles à une forte dépendance vis-à-vis d'autres personnes en l'absence d'ouverture professionnelle. La banalisation de la sexualité a ouvert la porte en même temps à une "légalisation" des relations sexuelles des jeunes, imposant moralement dans le contexte culturel de la ville de Kara au jeune garçon, la satisfaction en contrepartie des besoins les plus urgents de sa compagne. Cette perception de la sexualité a offert aux jeunes filles confrontées aux difficultés de subsistance, des idées pour s'abriter à l'ombre de leur compagne mais en même temps pour développer des stratégies d'intégration sociale à partir de leur réseau urbain. A la faveur de ces représentations sociales dans la ville de Kara, les jeunes filles de conditions de vie difficile et pas seulement, qu'elles soient migrantes ou autochtones, vont enchaîner et même "compiler" des relations permettant de satisfaire les besoins sociaux les plus urgents de leur existence. L'histoire de cette nouvelle prostituée en dit long sur le parcours inattendu des jeunes filles (voir encadré 1, P. 8).

Encadré 1. Histoire d'une entrée dans la prostitution

« Quand je suis arrivée à Kara, c'était pour faire l'université et mes parents m'avaient donné de l'argent pour mes études. Dès que j'ai fini de payer le loyer de ma chambre, ma scolarité, je me suis rendu compte qu'il ne me restait pratiquement plus rien. La vie est trop chère à Kara. Mes parents ne savaient pas. Ils m'ont dit qu'ils ne me donneraient plus rien qu'ils devaient s'occuper de mes petits frères. J'ai commencé par chercher des jobs pour faire mais c'était toujours difficile. Quand j'ai rencontré Jacques mon premier copain à Kara, il m'aidait un peu un peu et on sortait avec ses amis et leurs copines. J'ai fait la connaissance d'autres filles qui en voyant ma situation m'ont expliqué que je vais souffrir à Kara en continuant ainsi et elles m'ont mis en relation avec d'autres garçons avec qui je sortais en même temps. Mais avec eux on savait qu'on se voyait pour coucher ensemble seulement et ils me donnaient quelque chose. Une fois, une de mes amies m'a appelé qu'un homme voulait de moi et m'attendait à Lufthansa, je suis allée on a pris un verre et bavardé, après on a fini chez lui. J'ai rencontré des gens plusieurs fois ainsi. A une des rencontres, j'ai attendu le gars en vain et c'est quelqu'un qui est venu m'aborder en voiture pour me demandait combien il me fallait pour coucher avec lui parce qu'il avait envie de moi. Après des résistances j'ai fini par lui dire 20 000 pour qu'il me laisse tranquille. Il m'a demandé de monter et ce jour j'ai gagné 20 000 FCFA. C'était le début de ce que je ne savais pas encore la prostitution.

Elles sont en effet nombreuses ces jeunes filles qui sans s'en rendre compte se sont immergées d'un jour à l'autre dans les profondeurs de la prostitution. Le jeu de rôle dynamique dans ce processus d'entrée dans la prostitution est que la triangulation des relations entre les trois types d'acteurs ressort l'innocence de la néo prostituée. En effet, la jeune fille se retrouve inconsciemment dans un cercle vicieux infernal où elle ne sait pas au préalable qu'on l'a prostituée, le client de la prostituée ne sait pas qu'il sortira avec une fille que l'on prostitue. Seul (e) le/la proxénète, maîtrisant le jeu de rôle d'acteurs, sait qu'elle prostitue la jeune fille contre non seulement une gratification du client mais aussi de la jeune fille prostituée. Le processus final d'adoption de la prostitution comme métier par la jeune fille viendra de la stigmatisation et du rejet collectif de ce qu'il reste de son ancien réseau urbain. Le stigmate et l'étiquetage vont ainsi isoler socialement cet acteur dont la seule issue sera de se conforter dans la prostitution pour sa survie grâce aux réseaux intra professionnelles qu'il aurait développé, comme en révèle l'histoire de cette prostituée :

« Un jour vous vous rendez compte que vous êtes arrivée à un niveau où il vous est difficile de faire marche arrière. Parce que quand vos amis (es) vous ont vu une, deux fois à Lufthansa, ils ne cherchent plus à vous comprendre. Ils n'aiment plus vous approcher. Ceux qui viennent sont ceux qui veulent aussi profiter des nouveaux services que vous offrez et après il fuit aussi et reviennent seulement quand ils vous veulent. Tu finis par avoir des amis seulement qui te branchent avec des gens et tes anciens clients. Ce qui fait que si tu laisses, qui va t'aider à vivre ? Personne. Parce que tout le monde te prend pour le démon. Tu es obligée de rester dedans en attendant que un des clients puissent t'aider à trouver un autre travail pour ajouter à ça ou si c'est bon tu laisses complètement et c'est lui seul qui te gère maintenant s'il plait à Dieu » (Propos d'une enquêtée, 36 ans).

Par contre, 40% ont subi une contrainte sociale qui les a poussées dans la prostitution à Kara. Si ce phénomène semble moins poussé que le vagabondage sexuel parmi nos enquêtées, il reste toutefois important en raison de la crise du lien social et de la précarité économique. Les jeunes filles plus tenaces par rapport à la prostitution se font enrôler bien des fois d'autres manières. Pour la plupart du temps, ces jeunes filles, dignes moralement, rencontrent des problèmes professionnels dans les jobs qu'elles obtiennent pour subvenir à leur besoin, qui conduisent inexorablement vers la prostitution. La plupart de ces jeunes filles ont une histoire qui ressemble à celle de cette enquêtée (voir encadré 2, p. 10). Comme le cas de cette jeune fille, le contexte social marque le saut final dans la prostitution. La pression sociale forte qui peut venir tant des amis, des collègues de travail que des parents comme l'indique le tableau ci-dessus, va les conduire à ce métier. On peut lire ici également, tout comme dans le processus à partir du vagabondage le jeu d'acteur des proxénètes, parce qu'au final tout tourne autour de la complicité entre le gérant-proxénète et les clients, dans ce jeu de négociation pour garantir aux étrangers en séjour à Kara, un week-end en bonne compagnie. Les gérants servent d'intermédiaires ou mieux de ponts entre les candidates à la prostitution et les clients à la recherche des néo prostituées.

Encadré 2. Histoire d'une désormais prostituée dans la ville de Kara.

J'ai dû me trouver un travail de serveuse de bar à Kara au niveau de Lufthansa pour subvenir à mes besoins. C'est là que je voyais comment la vie de nos sœurs était déplorable. Je me rends compte que c'est dans le même cas que je suis aussi aujourd'hui. J'ai fait banalement 02 ans dedans sans problème et ça m'aidait beaucoup à aider aussi mon oncle. Un jour il est tombé malade et je n'avais rien pour le soutenir, il avait dépensé aussi tout son argent. Je suis allée demander au gérant de notre bar qui m'a prêté 20 000 FCFA. Après j'ai encore pris 15 000 FCFA. Pendant un an je n'ai pas pu payer la dette. On me payait par mois 11 000 FCFA. Un jour le gérant a décidé qu'il ne va plus me payer mon salaire jusqu'à ce que je rembourse ma dette. Quand je l'ai supplié il a dit qu'il allait enlever chaque mois 5 000F. Mais chaque mois encore je suppliais pour prêter 5000 pour finir le mois. Un jour il m'a dit qu'il a un ami béninois qui s'intéresse à moi et que lui il est même bien et qu'il pouvait

m'aider. Comme je connaissais les béninois avec leur vie chaque week-end j'ai refusé que je ne voulais pas me prostituer. Il m'a menacé de me convoquer à la police pour ma dette. Il me disait que c'était pas de la prostitution. Que le gars allait me draguer mais que je ne devais juste pas faire la fille difficile. A la maison mon oncle a été encore hospitalisé et me suppliait de l'aider. J'ai dû accepter. Le premier soir il voulait "faire" j'ai refusé il s'est fâché et est allé raconter au gérant qui s'est fâché. Le second jour on a fait et il m'a remis 10 000F pour me tresser en me disant qu'il était content que je sois sa copine. Chaque fois qu'il venait on devait coucher ensemble et il me donnait quelque chose pour mes besoins. J'ai réduit ma dette et aidé mon oncle. Un jour le gars est venu avec une autre fille et me dit qu'il ne veut plus me voir. J'ai raconté au gérant qui s'est fâché et m'a dit qu'il ne voulait pas me dire mais qu'il y avait un autre qui était plus chaud sur moi. (Fin de l'encadré)

Comme le montre le tableau ci-dessus les acteurs déterminants dans la pratique de la prostitution à Kara sont la plupart du temps les amis, les collègues ou encore les parents. La majorité relative des enquêtées (46.67%) sont entrées dans la prostitution par l'entremise d'un(e) ami(e), alors que comme cette enquêtée ci-dessus citée, 26.67% sont entrées par le biais d'un(e) collègue. Mais aussi, 13.33% ont été poussées par leurs parents et 6.67% par disent-elles des inconnus. Pour ces dernières, elles ont la plupart du temps eu des échanges entre groupes de filles ou de garçons et se sont vues proposées des relations avec des garçons qui selon eux répondaient au profil d'un de leur connaissance. La dernière catégorie des filles prostituées est celle qui ont fait elle-même le choix délibéré de la prostitution soit en raison d'une "insatisfaction sexuelle" ou très souvent d'une longue période "déconcertante sans copain ni rapport sexuel".

3.2 COMMENT LES PROSTITUÉES CHERCHENT DES CLIENTS ?

Les deux processus d'entrée dans le métier de prostituée permettent de projeter les stratégies de constitution des différents réseaux urbains de ces jeunes filles dont le choix enferme dans un cocon de relations d'intérêt. Deux stratégies de construction de réseau urbain se dégagent des différentes enquêtes réalisées :

- *L'usage des TIC*

La technique consiste au travers des différents réseaux sociaux (whatsapp, facebook, imo, etc.) de créer un profil non de prostituée mais d'envoyer une photo exotique/provoquante et d'envoyer des demandes d'amis à toute personne rencontrée sur la plateforme ou le réseau. Voilà pourquoi, il est difficile de circonscrire uniquement le réseau urbain des prostituées. En effet, contrairement à ce qu'écrit Henriot (1997) qui considère que « *la prostitution ne peut être étudiée concrètement que dans les limites de l'espace socio-économique d'une ville où des lieux appropriés et des habitudes particulières s'établissent* ». En effet, la pertinence dans la constitution du profil des clients des prostituées réside dans la capacité de la recherche à comprendre pourquoi le même profil disponible dans une ville est trouvé dans une autre ? Les limites spatiales ne devraient donc pas être un obstacle à une étude sur les réseaux mais plutôt d'un grand intérêt. Voilà d'ailleurs pourquoi l'analyse du réseau permet de se rendre à l'évidence de la disparité territoriale des clients des prostituées. Les différentes invitations au travers des réseaux sociaux permettent de créer des ouvertures sur d'autres relations et de se faire découvrir non comme une prostituée mais comme une jeune fille normale. La photo mise en profil et les messages régulièrement véhiculés qui touchent très souvent à la sexualité est une sorte d'invite en permettant de mettre à l'aise l'internaute dans un éventuel échange sur la question.

D'un autre côté, la plupart part des filles procède par des SMS accidentels. Il s'agit en effet d'adresser un message à un numéro inconnu mais qu'elle donnera l'impression de connaître. Les messages sont de nature divers, l'un d'eux que nous montre une enquêtée avec la chaîne de discussion : « *Bonjour, Comment vas-tu? Et la durée? Tu m'as oublié? Tu deviens quoi? Moi je suis là rien n'a changé. Sylvie* ». Un tel message exige du récepteur un effort de réflexion recherchant la date et le contexte de rencontre d'une telle personne. Ce qui va le contraindre à y répondre et la plupart du temps envisager une rencontre dans le but de reconnaître l'interlocuteur. Ainsi vont s'enchaîner les événements et les "efforts de séduction pour pouvoir gagner ou attirer la nouvelle "proie" dans son filet. « *Ça marche la plupart du temps. Quand la personne répond une fois c'est fini. C'est à toi de bien parler. Parfois tu es obligée de dire que tu t'es trompée de numéro mais les échanges continuent et il va chercher à te voir* » (Propos d'une enquêtée, 25 ans).

- *L'approche physique et les "chasseurs de proie"*

D'un autre côté, pour saisir le plus grand nombre de clients les prostituées procèdent par approche physique ou disposent de "chasseurs de proie". La profession secondaire (la plupart du temps serveuse de bar et dans les hôtels, gérante, commerçante détaillante, technicienne de surface, etc.) si elles en ont, est en effet pour elles un instrument de conquête des clients sexuels à travers les jeux de séduction et les attentions particulières à leur endroit comme le décrit cette enquêtée : « *quand un client arrive, on leur conseille (les nouvelles prostituées) d'être le plus attentionnée possible et souriante pour*

permettre au client du service de vous aborder afin de vous l'approprier. Il faut donc que les vêtements soient révélateurs mais pas trop sinon le client conclut que vous vous laissez aller à tout le monde et vous néglige » (Propos d'une enquêtée, 39 ans).

En dehors des clients qu'elles conquièrent elles-mêmes, pendant leurs occupations professionnelles, les prostituées disposent de "chasseurs de proie". Ce sont les gérants et les propriétaires de bars, auberges ou hôtels, de boîtes de nuit avec qui elles disposent de contrats implicites dans une dynamique de relation gagnant-gagnant : elles pour attirer les clients dans le bar, l'auberge, l'hôtel ; le propriétaire ou gérant en récompensant la jeune fille au nombre de client amené (surtout dans les auberges et restaurant) ; le client en se fidélisant à l'institution et en récompensant la prostituée pour ses services. Plus loin les prostituées se positionnent la plupart du temps comme les références publicitaires de nouveaux produits ou de nouvelles institutions. Dans le cas par exemple de nouveaux bar, restaurants, auberge, elles insistent pour amener leurs clients dans ces lieux afin non seulement de gagner la paie du client mais aussi celle du propriétaire ; dans le cas de nouveau produits par exemple de boisson ; elles recommandent aux clients la consommation dans les lieux choisis et bénéficient donc de ristournes sur la quantité de produits consommés.

3.3 LE PROFIL DES CLIENTS DES PROSTITUÉES

L'exercice a consisté avant tout à observer les contacts plus ou moins réguliers entre les principaux acteurs en jeu (le client et la travailleuse de sexe). L'étude est parvenue par des tests sociométriques à construire un sociogramme des relations à partir du cas de 03 clients et 04 travailleuses de sexe chacun représentatif d'une tranche d'âge. Les flèches interactives désignent les relations où les deux acteurs se sont acceptés, tandis que les flèches orientées dans un seul sens montrent qu'en dehors des retombées financières, la travailleuse de sexe rejette la relation.

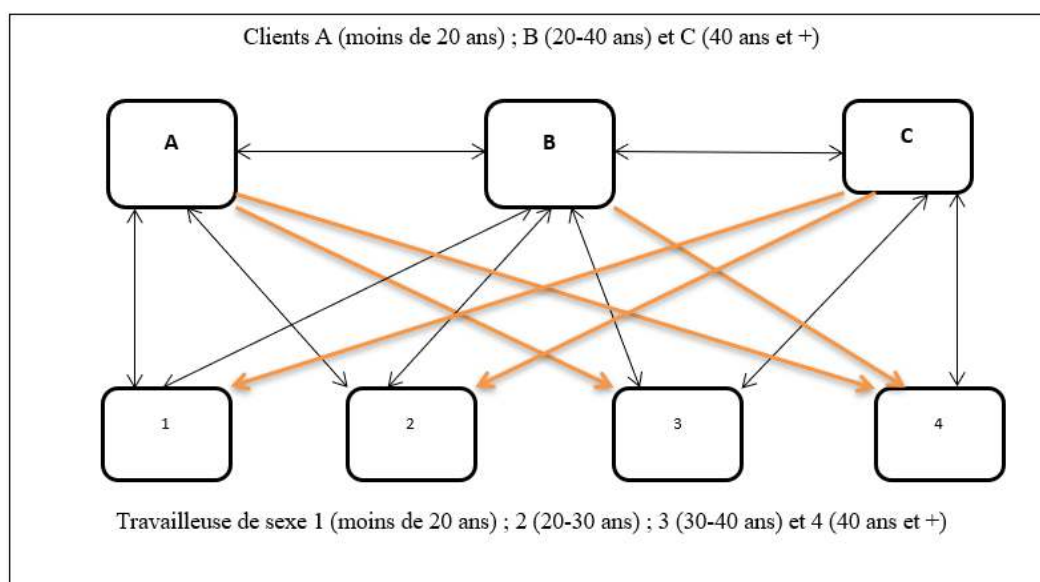


Schéma 1 : sociogramme portant relation privilégiée entre prostituées et clients

Auteur : Moutoré Yentougle, février 2018

Pour construire le profil des clients des prostituées à Kara, il aurait ainsi fallu avant tout comprendre la façon dont elles entrent et adoptent le métier mais aussi leurs stratégies de conquête et de fidélisation des clients. Il s'agit ici au travers de l'analyse de contenu de deux discours (ceux des clients des prostituées et ceux des prostituées elles-mêmes) de comprendre qui fréquente quelles prostituées, les prostituées fréquentent quel type d'homme par rapport essentiellement à quatre (04) caractéristiques sociodémographiques à savoir : l'âge du client, sa profession, sa situation matrimoniale croisées à l'âge des prostituées comme le montre le tableau ci-après :

Tableau 2. Répartition des enquêtés suivant l'âge des clients, leur profession, leur situation matrimoniale et l'âge des prostituées

			Age de la prostituée									
Age du client	Profession du client	Situation matrimoniale	Moins de 20 ans		20-30 ans		30-40 ans		Sous total		Total	
			Eff.	%	Eff.	%	Eff.	%	Eff.	%	Eff.	%
Moins de 20 ans	Etudiant	Célibataire	1	5,88	0	0,00	0	0,00	1	5,88	2	11,76
	sans-emploi	Célibataire	0	0,00	1	5,88	0	0,00	1	5,88		
20-30 ans	Etudiant	Célibataire	1	5,88	1	5,88	0	0,00	1	5,88	9	52,94
		concubinage	0	0,00	1	5,88	0	0,00	1	5,88		
	sans-emploi	Célibataire	0	0,00	1	5,88	0	0,00	1	5,88		
		concubinage	0	0,00	1	5,88	1	5,88	2	11,76		
	Secteur informel	Marié	1	5,88	0	0,00	1	5,88	2	11,76		
		concubinage	1	5,88	1	5,88	0	0,00	2	11,76		
30-40 ans	sans-emploi	Célibataire	1	5,88	0	0,00	0	0,00	1	5,88	4	23,53
	Fonctionnaire	Marié	1	5,88	0	0,00	0	0,00	1	5,88		
	Secteur informel	Marié	1	5,88	1	5,88	0	0,00	2	11,76		
40 ans et plus	Secteur informel	Marié	0	0,00	1	5,88	0	0,00	1	5,88	2	11,76
		Divorcé	0	0,00	0	0,00	1	5,88	1	5,88		
Total											17	100

Source : Enquête de terrain, octobre 2017-février 2018

L'enquête a révélé que les individus dont l'âge est compris entre 20 et 30 ans fréquentent davantage les prostituées de la tranche d'âge suivante 30 à 40 ans. En effet, 52,04% de nos enquêtés (clients des prostituées), ont un âge compris entre 20 et 30 ans. Parmi eux, les mariés et les individus vivant en concubinage fréquentent davantage les prostituées que les célibataires. Au-delà, les employés du secteur informel sollicitent plus les services des prostituées que les fonctionnaires et les sans-emplois.

L'analyse des résultats permet de dégager dans la ville de Kara, 02 profils essentiels des clients des prostituées. Il a fallu pour cela implémenter la théorie des graphes et du calcul matriciel. La mise en relation est établie à partir du simple contact qu'une prostituée a pu avoir avec un client dans le cadre physique choisi pour cette recherche.

Profil 1 : profil classique

Les hommes mariés du secteur informel ou sans emploi 30-40 ans.

Le premier type d'individus sollicitant régulièrement les services sexuels des prostituées dans la ville de Kara sont les personnes mariées ayant un âge compris entre 30 et 40 ans et exerçant majoritairement dans le secteur informel, généralement des apprentis. L'analyse de leur contexte social mais aussi familial révèle des individus d'une part affectés par une inconstance de la situation familiale due tant à une routine de vie dans le couple qu'à la nature des relations avec les beaux-parents. Plus tendues elles sont, plus l'époux est poussé vers la sollicitation des services des prostituées. D'autre part, le contexte professionnel est un incubateur chez cette catégorie socioprofessionnelle : d'abord en raison de la multitude des réseaux constitués et des contacts permanents avec cette catégorie sociale. « On les reconnaît lorsqu'elle commande quelque chose, elles ont toujours du mal à payer. Et elles vont faire en sorte à vous faire des yeux doux. Si vous tenez à votre argent elles sont prêtes à accepter que vous alliez à la police et elles prendront des engagements sur des mois parfois vous n'aurez rien. Donc en contrepartie des travaux réalisés vous les avez pour un temps » (Propos d'un enquêté, Menuisier alu. »

Profil 2 : profil apprenti

Les hommes vivant en concubinage et sans emploi 20-30 ans.

Le deuxième type d'individus plus enclins aux sollicitations des services des prostituées est les hommes la plupart du temps sans emploi, vivant en concubinage et ayant un âge compris entre 20 et 30 ans. Deux raisons principales justement leur plus grande tendance à la cohabitation avec les marchandes : d'abord parce qu'ils sont très tôt entrés dans le mariage dans une perspective de reconnaissance sociale. Le contexte culturel de la ville de Kara accorde en effet privilège aux jeunes mariés, les considérant comme des personnes responsables contrairement aux "irresponsables" célibataires qui mènent une vie de débauche. Les nouveaux mariés subissent des aînés et des parents un contrôle social élevé. L'objectif étant d'accompagner les premières années du mariage du couple en réglementant les attitudes et en résolvant les éventuelles crises sociales. Les jeunes

mariés vont ainsi chercher à reproduire les modes de vie d'avant mariage et face au contrôle social élevé, vont finir par faire le choix des relations ponctuelles et discrètes, d'autre part, une triangulation d'informations montrent que l'entrée tôt dans le mariage donne l'impression aux jeunes de n'avoir pas pris le temps à suffisance de découvrir et d'apprendre la sexualité afin d'être performant pour satisfaire son épouse. Ainsi, en sollicitant les services des prostituées vont chercher à apprendre sur les exigences d'une sexualité afin d'être à la hauteur de leur responsabilité conjugale.

4 DISCUSSION DES RÉSULTATS

La présente recherche qui s'est fixée comme objectif d'identifier les acteurs qui nourrissent la nouvelle prostitution au Togo et particulièrement dans la ville de Kara, s'est construite autour d'une triangulation méthodologique mais aussi théorique. Elle a le mérite de s'intéresser non aux prostituées, mais aux clients de celles-ci. Pour elles, c'est la forte demande qui accroît l'offre et non l'offre qui incite à l'accroissement de la demande. Pour comprendre et identifier ceux qui fréquentent les prostituées, il a avant tout fallu à la recherche de comprendre comment une fille rentre dans la prostitution et se crée son réseau de prostitution. C'est à partir de là qu'ont pu être analysés ces réseaux, leur parcours de vie, leur contexte socioculturel, économique, etc. La recherche a le mérite d'avoir dégagé premièrement, deux éléments incubateurs à l'entrée dans la prostitution chez les jeunes filles : le vagabondage sexuel et la contrainte sociale ; deuxièmement deux stratégies de conquête des clients à savoir l'usage des TIC ; l'approche physique et les chasseurs de proie ; et troisièmement deux principaux profils des prostituées à Kara : le profil classique et le profil apprenti.

Les différentes étapes ou passages obligatoires pour l'adoption de la prostitution exige en effet chez ces acteurs un niveau de reconstruction identitaire nécessaire à une intégration dans le groupe professionnel du métier. Il est en effet possible dans les différentes histoires des enquêtées, de mettre à nu ou d'identifier les 05 étapes de construction identitaire proposées par Harrison White qui marquent non seulement l'adoption des valeurs communes au groupe mais aussi le positionnement et la place de l'acteur. La première étape est marquée en contexte social difficile des acteurs par l'aide d'un ou de plusieurs individus dont le rôle est de soutenir durant une période courte l'existence de la futur "prostituée". A partir de là, la deuxième et la troisième étape vont être marquée par la recherche avec l'aide de "l'appui social" de se construire une image plus positive de lui-même, une image surplombée par la revalorisation de soi dans le but d'améliorer la qualité de ses contacts avec les autres et d'accroître son réseau urbain. Les efforts de revalorisation de soi au travers de la reconstruction identitaire, ne fait toutefois pas perdre de vue à l'acteur le soubassement de sa démarche : celui de sortir de l'ornière de la précarité. C'est cette cinquième étape qui va déterminer l'orientation vers la prostitution, se présentant quasiment comme la dernière porte de sortie. En effet, l'acteur aura découvert grâce à sa nouvelle identité l'écart de vie et surtout les différences de représentations sociales du monde tant l'influence du contexte culturel est relatif d'un acteur à l'autre. Ainsi, découvrira-t-il les discordances qui caractérisent ses relations avec les autres créant un choc identitaire face à l'opposition entre conformisme et créativité. C'est ainsi que la futur "prostituée" redéfinira sa stratégie de constitution de son réseau social, mais surtout avant ses défis sociaux sans considération des barrières culturelles et morales.

Comme l'a postulé la théorie interactionniste, la constitution du réseau urbain des "futurs prostituées" va se reposer sur quatre principes essentiels : d'abord la complémentarité où désormais le choix de la formalisation de ses relations sociales reposera sur une relation gagnant-gagnant. Elle sera formelle plus tard dans le métier de prostituée où la rencontre non fortuite entre le client et la prostituée devra accorder à chaque acteur des avantages attendus dans la relation ; l'un (le client) la satisfaction des pulsions sexuelles ; les autres (la prostituée et le proxénète) le gain financier pour la satisfaction de ses besoins sociaux. La dynamique des relations permettant déjà a priori de la définition des jeux de rôles entre les acteurs pour comprendre la seconde forme qu'est la domination : celle qui met à nu les relations de pouvoir entre les différents acteurs des différentes strates : le proxénète maîtrisant le jeu de rôle des autres acteurs (qui mettre en relation avec qui ? qui gagne combien ?) ; le client dans sa position centrale de toutes les attentions (de la prostituée et du proxénète) ; et la prostituée, acteur nécessaire et obligatoire de la naissance de cette triangulation relationnelle qui se pose en maître pourtant passif dans la relation de pouvoir.

Troisièmement, l'identification qui permet dans l'interactionnisme structural qui permet de comprendre le profil de chaque acteur en jeu : quel client avec quelle prostituée, quelle prostituée avec quel proxénète, mais aussi quel proxénète avec quel client. Grâce à cette technique d'identification il a été possible de montrer la "déterminance" des caractéristiques sociodémographiques (âge, profession et situation matrimoniale) dans le choix des prostituées. Voilà pourquoi, par la dernière forme d'interactionnisme structural, il a été possible de comprendre comment les similitudes militent pour des relations intra générationnelles mais aussi intergénérationnelles. Les clients les moins âgés étant davantage intéressés par les prostituées les plus âgées ; et les prostituées les plus âgées attirant davantage les clients les plus âgés.

L'essentiel de la recherche ayant été de comprendre le pourquoi la prostitution subsiste dans un contexte où toutes les valeurs morales, culturelles et religieuses s'y opposent, le fonctionnalisme s'est imposé comme la théorie explicative. Voilà pourquoi, il a fallu analyser chez chaque acteur la fonction que joue la prostitution pour comprendre les motivations des

acteurs d'aujourd'hui qui nourrissent la nouvelle pauvreté. Ainsi a-t-on pu comprendre le contexte familial et professionnel déterminant dans la fréquentation des prostituées dans la ville de Kara pour deux objectifs principaux : la recherche de l'initiation à la sexualité ; le relâchement de l'autorité familiale.

5 CONCLUSION

Les différentes tentatives d'éradication de la prostitution au Togo et particulièrement à Kara ont toujours enregistré constatable avec l'accroissement de l'ampleur du phénomène ces dernières années au vu de la multiplication des points d'accueil. Les différentes politiques publiques ont consisté à ce jour aux rapt des supposées travailleuses de sexe suivis des gardes à vue puis des libérations faute de charges judiciaires et pénales. Les réflexions autour de cette thématique ont consisté à offrir les moyens d'action au pouvoir public par la compréhension des déterminants fondamentaux de la persistance de ce métier. Pour cet article, l'éradication de la prostitution doit passer par l'action sur les clients des travailleuses de sexe et non sur les travailleuses elles-mêmes, entendu que ce sont les clients qui nourrissent le métier et la pérennise. Pour cela, il a fallu durant cette recherche construire d'abord le profil des travailleuses de sexe, identifier ensuite les clients des travailleuses à profil récurrent.

A partir là, les analyses ont permis de comprendre le contexte qui motive les acteurs à recourir aux services des travailleuses de sexe. La recherche est parvenue à identifier deux profils essentiels des clients de travailleuses de sexe : le profil classique qui regroupe les individus travaillant dans le secteur informel et ayant un âge compris entre 30 et 40 ans ; et le profil apprenti regroupant les jeunes sans emploi âgés de 20 à 30 ans. Ces deux profils résument la plupart des clients des travailleuses de sexe dans la ville de Kara. Les différentes politiques publiques devraient donc accompagner ces différents acteurs qui nourrissent et pérennise cette activité qui s'impose ces dernières années comme le carrefour de l'urbanité quoiqu'en opposition avec les valeurs morales de la communauté.

REFERENCES

- [1] Bastide Roger, 1956, « Stéréotypes et préjugés de couleur: à la mémoire de Lucila Hermann », *Sociologia*, vol 18, n°2, pp.141-171
- [2] Becker Howard, 1963, *Outsiders, Studies in the Sociology of Deviance*, New York, The Free Press
- [3] Brochier Christophe, 2005, « Le travail des prostituées à Rio de Janeiro », *Revue française de sociologie*, Vol. 46, pp. 75-113
- [4] Grawitz Madeleine, 2001, *Méthodes des sciences sociales*, 11e édition, Dalloz, Paris
- [5] Grossetti Michel et Godart Frédéric, 2007, « Harrison White : des réseaux sociaux à une théorie structurale de l'action », *SociologieS* [En ligne], Découvertes / Redécouvertes, Harrison White, mis en ligne le 17 octobre 2007, consulté le 29 mars 2018. URL: <http://journals.openedition.org/sociologies/233>
- [6] Henriot Christian, 1997, *Belles de Shanghai, prostitution et sexualité en Chine, XIXe et XXe siècles*, Paris, CNRS Éditions.
- [7] Hilgers Mathieu, 2009, *Une ethnographie à l'échelle de la ville : urbanité, histoire et reconnaissance à Koudougou (Burkina Faso)*, Editions Karthala, Paris
- [8] http://www.tg.undp.org/content/togo/fr/home/ourwork/povertyreduction/in_depth.html; consulté ce 29 mars 2018
- [9] <https://togotribune.com/news/togo-le-taux-de-sous-emploi-ne-cesse-de-grimper/> consulté ce 29 mars 2018
- [10] Morrissette Joëlle, 2010, « Une perspective interactionniste », *SociologieS* [En ligne], Premiers textes, mis en ligne le 04 février 2010, consulté le 29 mars 2018. URL: <http://journals.openedition.org/sociologies/3028>
- [11] Parsons Talcott, 1937, *The structure of social action*, Free Press, New York
- [12] Weitzer Robert, 2000, « Why we need more research on sex Work » dans Robert Weitzer (ed.), *Sex for sale: prostitution, pornography and the sex industry*, New York, Routledge.
- [13] Weitzer Ronald, 2007, «The Social Construction of Sex Trafficking : Ideology and Institutionalization of a Moral Crusade», *Politics Society*, n° 35, p. 447-475.
- [14] White Harrison, 1992, *Identity and Control: A Structural Theory of Social Action*, Princeton, Princeton University Press.

The Development of the Green Capital Budgeting Approaches Based on Traditional Capital Budgeting Approaches

Md. Jahangir Alam Siddiquee

Department of Finance and Banking, Hajee Mohammad Danesh Science and Technology University, Dinajpur, Bangladesh

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The study aims at developing the green capital budgeting approaches as we as emerging structural model of green capital budgeting decisions through adjustment of the environmental degradation forces to the given investment projects' inflows and outflows respectively. Moreover, the study attempts to know the extent in which these forces contribute to justify the respective green approaches of capital budgeting and to focus how these techniques relate to conventional methods of this budgeting. The researcher has developed the green methods of capital budgeting through using the five determinants that have contributions to impair the environment. The researcher used the data of a single investment project, loan to customer provided by a bank, Rupali Bank Limited, HSTU Branch, Dinajpur, Bangladesh. The researcher found that the higher degree of environmental degradation forces are involved in investment, the lower are the value(s) of green capital budgeting approaches than corresponding traditional capital budgeting approaches. No involvement of non- green forces to an investment project till to maturity, results in the individual values of traditional capital budgeting approaches complied with individual values of respective green capital budgeting approaches. Indeed, the development of green capital budgeting approaches are justified but applied in subject to quantifying the abstract characterization of non-green variables.

KEYWORDS: Green, approaches, budgeting, project, present value and future value.

1 INTRODUCTION

Green investments call for the sustainable investment absorbing unlimited natural resources without damaging the environment, reducing the emission of CO₂ as well as reducing deforestation, that may leads to captivate green inflows and green outflows in the capital budgeting decisions that to be analyzed by green capital budgeting approaches, ethical techniques of capital budgeting decision. The financing practices of American companies found that the companies always or almost always had used NPV 74.93%, IRR 75.61%, SPP 56.74%, DPP 29.45%, and ARR 20.29 % [1]. Notwithstanding, due to the globalization, environmental changes and cutting edge advanced technological improvement, theories and models developed in the past do not hold good today and most of them are criticized and their applicability in reality is intriguing [2]. The sustainable dimension is not significant in capital investment decisions for most companies as capital investment opportunities are justified on traditional financial techniques, such as net present values or internal rates of return [3]. A capital commitment from investors is needed for a capability to trade the renewable energy credits (RECs) and emissions such as sulfur dioxide (SO₂), nitrous oxides (NOX), and carbon dioxide (CO₂) reductions and some funds also trade bio-fuels, and environmental credits; these green streams of revenue or green finance not only make the cost of capital cheaper but also bring much needed liquidity to emerging environmental financial markets and higher global energy demand growth will continue to drive return on investment (ROI) higher in the clean-tech space [4]. Climate risk disclosure can also reinforce the effect of climate policies and the transition towards a low carbon economy [5]. Lots of argument on traditional capital budgeting approaches are appeared but how the traditional capital budgeting approaches can be adjusted with environmental forces that are difficult to measure in the cost of devastation, are rarely studied and plasticized. The study found the positive relationship between net present value and net future value in investing perspective but negative relationship between them in borrowing perspective [6]. Japanese firms managed their decision-making by using the payback period (PBP) method that said to be theoretically irrelevant and mistaken since it ignores the time value of money and cash flows beyond the cutoff date, and the net present value method jointly [7]. There had been a substantial theory-practice gap in the use of project appraisal approaches in the firms of United Kingdom and the gap had also narrowed in areas: risk analysis, inflation adjustment, capital budget preparation, WACC calculation and post-auditing, however, other elements of capital budgeting theory such as probability and beta analysis

had been adopted by very few practicing managers [8]. The positive relationship was found between these two capital budgeting techniques - Green Net Present Value (GNPV) and Green Net Future Value (GNFV) [9]. Net present value approach and internal rate of return approach are mostly practiced and found that the total assets of the firms did not relate to the turnover of the firm in accordance with capital budgeting techniques used by firms [10]. Capital budgeting is the main focus since if it is not rightly planned; investments may have disastrous financial and cash-flow implications [11]. Traditional capital budgeting methods have been heavily criticized of discouraging the adoption of advanced manufacturing technology, resulting in undermining the competitiveness of Western firms [12]. Over the last 2 decades, many changes and challenges had reflected in making financial decision due to the global financial crisis, fluctuations in value of money, advanced technology, profit rate, exchange rate and the risks of inflation rates and dramatic changes in economic and business area both in national and in global markets, in accordance with capital budgeting practices needs to be examined and studied again for rebuilding since it has significant impact on investment decision making [13]. The development of a budgeting manual when saying that the companies preferably develop a manual of investments [14]. The DCF method is the preeminent decision technique available and managers should learn to practice it well [15]. In recent years, modified internal rate of return (MIRR) a new measure, is supported [16]. However, it has not been popular despite the most sophisticated practitioners. Only about 3% of Fortune 500 companies practiced MIRR, whereas 84% used IRR [17]. The regression test and found that the risk and management compensation variables had an impact on the use of PBP from the aspect of managers and the risk and profitability variables had an impact on the use of PBP from the aspect of investors [18]. The uses of risk analysis techniques, in Australia, a minimum, scenario forecast was the most widely used method; Monte Carlo Simulation and Sensitivity Analysis were rarely used and found that only 12.9% small manufacturing companies, in Australia, used PI technique [19]. The rise in the scale of social, environmental, and economic problems had led to numerous questions and recommendations regarding the role and responsibilities of business in society having universal calls for companies to play a greater role in mitigating or solving these issues and capital budgeting was considered as a possible area in which firms could contribute to mitigating these various socio-economic problems, but such projects must be justified with new techniques that incorporate not only financial measures, but also social and environmental metrics, yet these methods are weak in assessing the social and environmental cost/impact of the project [20].

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 DATA AND STRUCTURE OF CONCEPTUAL MODEL

To serve the purposes, both qualitative and quantitative data have been carried out in this study. It also be identified the non-green forces for the studied purposes.

The researcher will justify the following conceptual model regarding capital budgeting approaches.

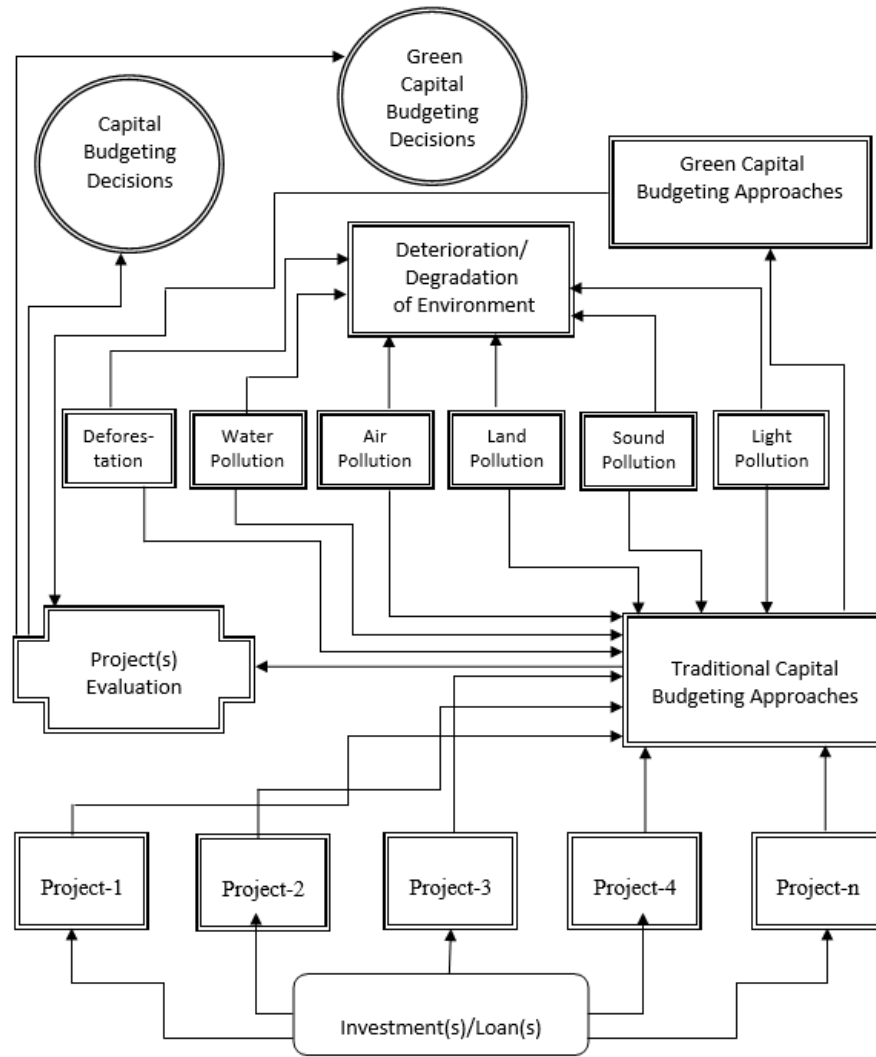


Fig. 1. Structural model of green capital budgeting approaches as well as decisions.

2.2 MATHEMATICAL MODELS

$$\begin{aligned}
 \text{GNPV}_i &= [\text{PVC}I_t ((1 - (D+W+A+L+S+LT)))_i] - [\text{PVC}O_t ((1 + (D+W+A+L+S+LT)))_i] \dots\dots\dots(i) \\
 \text{GNPV}_{Di} &= [\text{PVC}I_t (1 - D)]_i - [\text{PVC}O_t (1 + D)]_i \dots\dots\dots(ii) \\
 \text{GNPV}_{Wi} &= [\text{PVC}I_t (1 - W)]_i - [\text{PVC}O_t (1 + W)]_i \dots\dots\dots(iii) \\
 \text{GNPV}_{Ai} &= [\text{PVC}I_t (1 - A)]_i - [\text{PVC}O_t (1 + A)]_i \dots\dots\dots(iv) \\
 \text{GNPV}_{Li} &= [\text{PVC}I_t (1 - L)]_i - [\text{PVC}O_t (1 + L)]_i \dots\dots\dots(v) \\
 \text{GNPV}_{Si} &= [\text{PVC}I_t (1 - S)]_i - [\text{PVC}O_t (1 + S)]_i \dots\dots\dots(vi) \\
 \text{GNPV}_{LTI} &= [\text{PVC}I_t (1 - LT)]_i - [\text{PVC}O_t (1 + LT)]_i \dots\dots\dots(vii) \\
 \text{GNFV}_i &= [\text{FVC}I_t ((1 - (D+W+A+L+S+LT)))_i] - [\text{FVC}O_t ((1 + (D+W+A+L+S+LT)))_i] \dots\dots\dots(viii) \\
 \text{GNFV}_{Di} &= [\text{FVC}I_t (1 - D)]_i - [\text{FVC}O_t (1 + D)]_i \dots\dots\dots(ix) \\
 \text{GNFV}_{Wi} &= [\text{FVC}I_t (1 - W)]_i - [\text{FVC}O_t (1 + W)]_i \dots\dots\dots(x) \\
 \text{GNFV}_{Ai} &= [\text{FVC}I_t (1 - A)]_i - [\text{FVC}O_t (1 + A)]_i \dots\dots\dots(xi) \\
 \text{GNFV}_{Li} &= [\text{FVC}I_t (1 - L)]_i - [\text{FVC}O_t (1 + L)]_i \dots\dots\dots(xii) \\
 \text{GNFV}_{Si} &= [\text{FVC}I_t (1 - S)]_i - [\text{FVC}O_t (1 + S)]_i \dots\dots\dots(xiii) \\
 \text{GNFV}_{LTI} &= [\text{FVC}I_t (1 - LT)]_i - [\text{FVC}O_t (1 + LT)]_i \dots\dots\dots(xiv) \\
 \text{GARR}_i &= [\text{ARR} ((1 - (D+W+A+L+S+LT)))_i] \dots\dots\dots(xv) \\
 \text{GARR}_{Di} &= [\text{ARR} (1 - D)]_i \dots\dots\dots(xvi) \\
 \text{GARR}_{Wi} &= [\text{ARR} (1 - W)]_i \dots\dots\dots(xvii)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 GARR_{Ai} &= [ARR (1- A)]_i \dots\dots\dots(xviii) \\
 GARR_{Li} &= [ARR (1- L)]_i \dots\dots\dots(xix) \\
 GARR_{Si} &= [ARR (1- S)]_i \dots\dots\dots(xx) \\
 GARR_{Si} &= [ARR (1- S)]_i \dots\dots\dots(xx) \\
 GIRR_i &= L_i + \frac{GNPV_{Li}}{GNPV_{Li} - GNPV_{Hi}} \times (H_i - L_i) \dots\dots\dots(xxii) \\
 GIRR_{Di} &= L_i + \frac{GNPV_{DLi}}{GNPV_{DLi} - GNPV_{DHi}} \times (H_i - L_i) \dots\dots\dots(xxiii) \\
 GIRR_{Wi} &= L_i + \frac{GNPV_{WLi}}{GNPV_{WLi} - GNPV_{WHi}} \times (H_i - L_i) \dots\dots\dots(xxiv) \\
 GIRR_{Ai} &= L_i + \frac{GNPV_{ALi}}{GNPV_{ALi} - GNPV_{AHi}} \times (H_i - L_i) \dots\dots\dots(xxv) \\
 GIRR_{Li} &= L_i + \frac{GNPV_{LLi}}{GNPV_{LLi} - GNPV_{LHi}} \times (H_i - L_i) \dots\dots\dots(xxvi) \\
 GIRR_{Si} &= L_i + \frac{GNPV_{SLi}}{GNPV_{SLi} - GNPV_{SHi}} \times (H_i - L_i) \dots\dots\dots(xxvii) \\
 GIRR_{LTI} &= L_i + \frac{GNPV_{LTLi}}{GNPV_{LTLi} - GNPV_{LTHi}} \times (H_i - L_i) \dots\dots\dots(xxviii) \\
 GMIRR_i &= \sqrt[N]{\frac{[FVCI_c((1-(D+W+A+L+S+LT)))]_i}{[PVCO_{FC}((1+(D+W+A+L+S+LT)))]_i}} - 1 \dots\dots\dots(xxix) \\
 GMIRR_{Di} &= \sqrt[N]{\frac{[FVCI_c(1-D)]_i}{[PVCO_{FC}(1+D)]_i}} - 1 \dots\dots\dots(xxx) \\
 GMIRR_{Wi} &= \sqrt[N]{\frac{[FVCI_c(1-W)]_i}{[PVCO_{FC}(1+W)]_i}} - 1 \dots\dots\dots(xxxi) \\
 GMIRR_{Ai} &= \sqrt[N]{\frac{[FVCI_c(1-A)]_i}{[PVCO_{FC}(1+A)]_i}} - 1 \dots\dots\dots(xxxii) \\
 GMIRR_{Li} &= \sqrt[N]{\frac{[FVCI_c(1-L)]_i}{[PVCO_{FC}(1+L)]_i}} - 1 \dots\dots\dots(xxxiii) \\
 GMIRR_{Si} &= \sqrt[N]{\frac{[FVCI_c(1-S)]_i}{[PVCO_{FC}(1+S)]_i}} - 1 \dots\dots\dots(xxxiv) \\
 GMIRR_{LTI} &= \sqrt[N]{\frac{[FVCI_c(1-LT)]_i}{[PVCO_{FC}(1+LT)]_i}} - 1 \dots\dots\dots(xxxv) \\
 GPI_i &= \left[\frac{PVCI ((1- (D+W+A+L+S+LT)))}{PVCO ((1- (D+W+A+L+S+LT)))} \right]_i \dots\dots\dots(xxxvi) \\
 GPI_{Di} &= \left[\frac{PVCI (1- D)}{PVCO ((1+D))} \right]_i \dots\dots\dots(xxxvii) \\
 GPI_{Wi} &= \left[\frac{PVCI (1- W)}{PVCO ((1+W))} \right]_i \dots\dots\dots(xxxviii) \\
 GPI_{Ai} &= \left[\frac{PVCI (1- A)}{PVCO ((1+A))} \right]_i \dots\dots\dots(xxxix) \\
 GPI_{Li} &= \left[\frac{PVCI (1- L)}{PVCO ((1+L))} \right]_i \dots\dots\dots(xl) \\
 GPI_{Si} &= \left[\frac{PVCI (1- S)}{PVCO ((1+S))} \right]_i \dots\dots\dots(xli) \\
 GPI_{LTI} &= \left[\frac{PVCI (1- S)}{PVCO ((1+LT))} \right]_i \dots\dots\dots(xlii)
 \end{aligned}$$

$$GPBP_i = \left[Y + \frac{CO ((1 + (D+W+A+L+S+LT)) - CC ((1 - (D+W+A+L+S+LT)))}{CD ((1 - (D+W+A+L+S+LT)))} \right]_i \dots\dots\dots(xliii)$$

$$GPBP_{Di} = \left[Y + \frac{CO (1 + D) - CC (1 - D)}{CD (1 - D)} \right]_i \dots\dots\dots(xliv)$$

$$GPBP_{Wi} = \left[Y + \frac{CO (1 - W) - CC (1 - W)}{CD (1 - W)} \right]_i \dots\dots\dots(xlv)$$

$$GPBP_{Ai} = \left[Y + \frac{CO (1 + A) - CC (1 - A)}{CD (1 - A)} \right]_i \dots\dots\dots(xlvi)$$

$$GPBP_{Li} = \left[Y + \frac{CO (1 + L) - CC (1 - L)}{CD (1 - L)} \right]_i \dots\dots\dots(xlvii)$$

$$GPBP_{Si} = \left[Y + \frac{CO (1 + S) - CC (1 - S)}{CD (1 - S)} \right]_i \dots\dots\dots(xlviii)$$

$$GPBP_{LTi} = \left[Y + \frac{CO (1 + LT) - CC (1 - LT)}{CD (1 - LT)} \right]_i \dots\dots\dots(xlix)$$

$$GDPBP_i = \left[Y + \frac{CO ((1 + (D+W+A+L+S+LT)) - DCC ((1 - (D+W+A+L+S+LT)))}{DCD ((1 - (D+W+A+L+S+LT)))} \right]_i \dots\dots\dots(l)$$

$$GDPBP_{Di} = \left[Y + \frac{CO (1 + D) - DCC (1 - D)}{DCD (1 - D)} \right]_i \dots\dots\dots(li)$$

$$GDPBP_{Wi} = \left[Y + \frac{CO (1 + W) - DCC (1 - W)}{DCD (1 - W)} \right]_i \dots\dots\dots(lii)$$

$$GDPBP_{Ai} = \left[Y + \frac{CO (1 + A) - DCC (1 - A)}{DCD (1 - A)} \right]_i \dots\dots\dots(liii)$$

$$GDPBP_{Li} = \left[Y + \frac{CO (1 + L) - DCC (1 - L)}{DCD (1 - L)} \right]_i \dots\dots\dots(liv)$$

$$GDPBP_{Si} = \left[Y + \frac{CO (1 + S) - DCC (1 - S)}{DCD (1 - S)} \right]_i \dots\dots\dots(lv)$$

$$GDPBP_{LTi} = \left[Y + \frac{CO (1 + LT) - DCC (1 - LT)}{DCD (1 - LT)} \right]_i \dots\dots\dots(lvi)$$

$$GRADR_i = \left[L + \frac{GNPV_L^C}{GNPV_L^C - GNPV_H^C} \times (H - L) \right]_i \dots\dots\dots(lvii)$$

$$GRADR_{Di} = \left[L + \frac{GNPV_{DL}^C}{GNPV_{DL}^C - GNPV_{DH}^C} \times (H - L) \right]_i \dots\dots\dots(lviii)$$

$$GRADR_{Wi} = \left[L + \frac{GNPV_{WL}^C}{GNPV_{WL}^C - GNPV_{WH}^C} \times (H - L) \right]_i \dots\dots\dots(lix)$$

$$GRADR_{Ai} = \left[L + \frac{GNPV_{AL}^C}{GNPV_{AL}^C - GNPV_{AH}^C} \times (H - L) \right]_i \dots\dots\dots(lx)$$

$$GRADR_{Li} = \left[L + \frac{GNPV_{LL}^C}{GNPV_{LL}^C - GNPV_{LH}^C} \times (H - L) \right]_i \dots\dots\dots(lxi)$$

$$GRADR_{Si} = \left[L + \frac{GNPV_{SL}^C}{GNPV_{SL}^C - GNPV_{SH}^C} \times (H - L) \right]_i \dots\dots\dots(lxii)$$

$$GRADR_{LTi} = \left[L + \frac{GNPV_{SL}^C}{GNPV_{SL}^C - GNPV_{SH}^C} \times (H - L) \right]_i \dots\dots\dots(lxiii)$$

$$\begin{aligned} \text{GNPV}_{Ci} &= [\text{PVC}_{Ci} ((1 - (D + W + A + L + S + LT))) - \text{PVC}_{Co} ((1 + (D + W + A + L + S + LT)))]_i \dots \dots \dots (\text{Ixiv}) \\ \text{GNPV}_{CDi} &= [\text{PVC}_{CD} (1 - D) - \text{PVC}_{CD} (1 + D)]_i \dots \dots \dots (\text{Ixv}) \\ \text{GNPV}_{CW_i} &= [\text{PVC}_{CW} (1 - W) - \text{PVC}_{CW} (1 + W)]_i \dots \dots \dots (\text{Ixvi}) \\ \text{GNPV}_{CAi} &= [\text{PVC}_{CA} (1 - A) - \text{PVC}_{CA} (1 + A)]_i \dots \dots \dots (\text{Ixvii}) \\ \text{GNPV}_{CLi} &= [\text{PVC}_{CL} (1 - L) - \text{PVC}_{CL} (1 + L)]_i \dots \dots \dots (\text{Ixviii}) \\ \text{GNPV}_{CSi} &= [\text{PVC}_{CS} (1 - S) - \text{PVC}_{CS} (1 + S)]_i \dots \dots \dots (\text{Ixix}) \\ \text{GNPV}_{LTI} &= [\text{PVC}_{CLT} (1 - LT) - \text{PVC}_{CLT} (1 + LT)]_i \dots \dots \dots (\text{Ixx}) \end{aligned}$$

Where

$\text{GNPV}_i, \text{GNFV}_i, \text{GARR}_i, \text{GIRR}_i, \text{GMIRR}_i, \text{GPI}_i, \text{GPBP}_i, \text{GDPBP}_i, \text{GRADR}_i$ & GNPV_{Ci} : Green Net Present Value, Green Net Future Value, Green Accounting Rate of Return, Green Internal Rate of Return, Green Modified Internal Rate of Return, Green Profitability Index, Green Pay Back Period, Green Discounted Pay Back Period, Green Risk Adjusted Discount Rate & Green Certainty Equivalent Technique Respectively at ith Numbers of Investment(s)/Loan(s)/Investment Project(s).

$\text{GNPV}_{Di}, \text{GNPV}_{Wi}, \text{GNPV}_{Ai}$ & GNPV_{Ci} : Green Net Present Value for Deforestation, Water Pollution, Air Pollution and CO_2 Emission respectively at ith Number(s) of Investment(s)/Loan(s) / Investment Project(s).

PVC_i and PVC_O : Present Value of Cash Inflow(s) and Present Value of Cash Outflow(s) at Time Period t that Starts with $t = 0, 1, 2, 3, 4, \dots \dots \dots k$.

D_i, W_i, A_i , & C_i : Percentage of Deforestation, Water Pollution, Air Pollution & CO_2 Emission Respectively at ith PVC_i & PVC_O of ith Numbers of Investment(s)/ Loan(s).

$\text{GNFV}_{Di}, \text{GNFV}_{Wi}, \text{GNFV}_{Ai}$ and GNFV_{Ci} : Green Net Future Value for Deforestation, Water Pollution, Air Pollution and CO_2 Emission respectively at ith Number(s) of Investment(s)/Loan(s) / Investment Project(s).

$\text{GARR}_{Di}, \text{GARR}_{Wi}, \text{GARR}_{Ai}$ & GARR_{Ci} : Green Accounting Rate of Return for Deforestation, Water Pollution, Air Pollution and CO_2 Emission respectively at ith Number(s) of Investment(s) / Loan(s)/ Investment Project(s).

$\text{GIRR}_{Di}, \text{GIRR}_{Wi}, \text{GIRR}_{Ai}$ & GIRR_{Ci} : Green Internal Rate of Return for Deforestation, Water Pollution, Air Pollution and CO_2 Emission respectively at ith Number(s) of Investment(s)/Loan(s) / Investment Project(s).

$\text{GMIRR}_{Di}, \text{GMIRR}_{Wi}, \text{GMIRR}_{Ai}$ & GMIRR_{Ci} : Green Modified Internal Rate of Return for Deforestation, Water Pollution, Air Pollution and CO_2 Emission respectively at ith Number(s) of Investment(s)/Loan(s)/ Investment Project(s).

$\text{GPBP}_{Di}, \text{GPBP}_{Wi}, \text{GPBP}_{Ai}$ & GPBP_{Ci} : Green Pay Back Period for Deforestation, Water Pollution, Air Pollution and CO_2 Emission respectively at ith Number(s) of Investment(s)/Loan(s)/ Investment Project(s).

$\text{GPI}_{Di}, \text{GPI}_{Wi}, \text{GPI}_{Ai}$ & GPI_{Ci} : Green Profitability Index for Deforestation, Water Pollution, Air Pollution and CO_2 Emission respectively at ith Number(s) of Investment(s)/Loan(s)/ Investment Project(s).

$\text{GDPBP}_{Di}, \text{GDPBP}_{Wi}, \text{GDPBP}_{Ai}$ & GDPBP_{Ci} : Green Discounted Pay Back Period for Deforestation, Water Pollution, Air Pollution and CO_2 Emission respectively at ith Number(s) of Investment(s)/Loan(s) / Investment Project(s).

$\text{GRADR}_{Di}, \text{GRADR}_{Wi}, \text{GRADR}_{Ai}$ & GRADR_{Ci} : Green Risk Adjusted for Deforestation, Water Pollution, Air Pollution and CO_2 Emission respectively at ith Number(s) of Investment(s)/Loan(s)/ Investment Project(s).

$\text{GNPV}_{CDi}, \text{GNPV}_{CW_i}, \text{GNPV}_{CAi}$ & GNPV_{CCi} : Green Certainty Equivalent Technique for Deforestation, Water Pollution, Air Pollution and CO_2 Emission respectively at ith Number(s) of Investment(s)/Loan(s) / Investment Project(s).

CD: Cash Flow During the Year, DCD: Discounted Cash Flow during the Year CC: Cumulative Cash Flow A: Year before Recovery. H_i : High Discount rate at i^{th} Investment L_i : Low Discount rate at i^{th} Investment DCC: Discounted Cumulative Cash Flow

3 RESULTS

The researcher applied green capital budgeting approaches to be developed to collected information from the Rupali bank that invests Tk. 3000000 at 9 % profit margin for one year with monthly frequency to a client who engaged in stock business of cereal crops, getting back the fund from him Tk. 262354 per month. The bank utilizes 30 pages of A4 size papers that affect the forest with carbon emission around .1% (monetary basis) within 1 square kilometer in the bank surrounding area identified as the deforestation .01% both of the percentage perceived by researcher. The researcher did not get any significant impact of this investment's nature toward water pollution and land pollution. However, in this study, it is perceived that Rupali bank uses the day lights to operate banking function that leads to environmental cost in respect light pollution cost with health issue around .5%, air pollution cost with health issues by radiation results from computer running around .5% and the noisy activities within bank create the health issue, costing through the sound pollution about .2 % to the given loan. Although these costs are not measured exactly, the researcher has taken into consideration through monetary basis. These environmental issues motivate the researcher to develop the green capital budgeting approaches and decision. And the rate of inflation in June/ 2018 was 5.54% which in this study has been considered as the discount factor or compound factor. The values of NPV, NFV, ARR, IRR, MIRR, PI, PBP, DPBP, RADR, NPV_c are 138821, 156254, 0.087451333, 0.0899969, 0.037534, 1.018592, 11.86986286, 12.54352, 0.0899969 and 138821 respectively.

Table 1. Summary of Findings

Techniques	Value	Comparison	No. of equation of mathematical model
GNPV	59016	$GNPV < NPV$	i
$GNPV_D$	132682	$GNPV_D < NPV$	ii
$GNPV_W$	138821	$GNPV_W = NPV$	iii
$GNPV_A$	108127	$GNPV_A < NPV$	iv
$GNPV_L$	138821	$GNPV_L = NPV$	v
$GNPV_S$	126543	$GNPV_S < NPV$	vi
$GNPV_{LT}$	108127	$GNPV_{LT} < NPV$	vii
GNFV	59344	$GNFV < NFV$	viii
$GNFV_D$	133419	$GNFV_D < NFV$	ix
$GNFV_W$	156254	$GNFV_W = NFV$	x
$GNFV_A$	108727	$GNFV_A < NFV$	xi
$GNFV_L$	156254	$GNFV_L = NFV$	xii
$GNFV_S$	127246	$GNFV_S < NFV$	xiii
$GNFV_{LT}$	108727	$GNFV_{LT} < NFV$	xiv
GARR	0.086314466	$GARR < ARR$	xv
$GARR_D$	0.087363882	$GARR_D < ARR$	xvi
$GARR_W$	0.087451333	$GARR_W = ARR$	xvii
$GARR_A$	0.087014077	$GARR_A < ARR$	xviii
$GARR_L$	0.087451333	$GARR_L = ARR$	xix
$GARR_S$	0.087276431	$GARR_S < ARR$	xx
$GARR_{LT}$	0.087014077	$GARR_{LT} < ARR$	xxi
GIRR	0.086314466	$GIRR < IRR$	xxii
$GIRR_D$	0.0862271	$GIRR_D < IRR$	xxiii
$GIRR_W$	0.0899969	$GIRR_W = IRR$	xiv
$GIRR_A$	0.071180	$GIRR_A < IRR$	xv
$GIRR_L$	0.0899969	$GIRR_L = IRR$	xvi

Table 2. Summary of Findings

Techniques	Value	Comparison	No. of equation of mathematical model
GIRR _s	0.08246055	$GIRR_s < IRR$	xvii
GIRR _{LT}	0.071180	$GIRR_{LT} < IRR$	xviii
GMIRR	0.024133	$GMIRR < MIRR$	xxix
GMIRR _D	0.036497	$GMIRR_D < MIRR$	xxx
GMIRR _w	0.037534	$GMIRR_w = MIRR$	xxxi
GMIRR _A	0.032359	$GMIRR_A < MIRR$	xxxii
GMIRR _L	0.037534	$GMIRR_L = MIRR$	xxxiii
GMIRR _s	0.035461	$GMIRR_s < MIRR$	xxxiv
GMIRR _{LT}	0.032359	$GMIRR_{LT} < MIRR$	xxxv
GPI	0.992448	$GPI < PI$	xxxvi
GPI _D	1.016557	$GPI_D < PI$	xxxvii
GPI _w	1.018592	$GPI_w = PI$	xxxviii
GPI _A	1.008456	$GPI_A < PI$	xxxix
GPI _L	1.018592	$GPI_L = PI$	xl
GPI _s	1.014525	$GPI_s < PI$	xli
GPI _{LT}	1.008456	$GPI_{LT} < PI$	xlvi
GPBP	12.17109	$GPBP > PBP$	xlvi
GPBP _D	11.89276	$GPBP_D > PBP$	xlvi
GPBP _w	11.86986	$GPBP_w = PBP$	xlvi
GPBP _A	11.98479	$GPBP_A > PBP$	xlvi
GPBP _L	11.86986	$GPBP_L = PBP$	xlvi
GPBP _s	11.91569	$GPBP_s > PBP$	xlvi
GPBP _{LT}	11.98479	$GPBP_{LT} > PBP$	xlvi
GDPBP	12.86040	$GDPBP > DPBP$	l
GDPBP _D	12.56761	$GDPBP_D > DPBP$	li
GDPBP _w	12.54352	$GDPBP_w = DPBP$	lii
GDPBP _A	12.66442	$GDPBP_A > DPBP$	liii
GDPBP _L	12.54352	$GDPBP_L = DPBP$	liv
GDPBP _s	12.59174	$GDPBP_s > DPBP$	lv
GDPBP _{LT}	12.66442	$GDPBP_{LT} > DPBP$	lvi
GRADR	0.086314466	$GRADR > RADR$	lvii
GRADR _D	0.0862271	$GRADR_D > RADR$	lviii
GRADR _w	0.0899969	$GRADR_w = RADR$	lix
GRADR _A	0.071180	$GRADR_A > RADR$	lx
GRADR _L	0.0899969	$GRADR_L = RADR$	lxi
GRADR _s	0.08246055	$GRADR_s > RADR$	lxii
GRADR _{LT}	0.071180	$GRADR_{LT} > RADR$	lxiii
GNPVC	59016	$GNPVC > NPVC$	lxiv
GNPV _{CD}	132682	$GNPV_{CD} > NPVC$	lxv
GNPV _{CW}	138821	$GNPV_{CW} = NPVC$	lxvi
GNPV _{CA}	108127	$GNPV_{CA} > NPVC$	lxvii
GNPV _{CL}	138821	$GNPV_{CL} = NPVC$	lxviii
GNPV _{CS}	126543	$GNPV_{CS} > NPVC$	lxix
GNPV _{CLT}	108127	$GNPV_{CLT} > NPVC$	lxx

4 DISCUSSION

The environmental sustainability is the big challenges to be fixed up. Human factors are the direct forces to drive the encouragement of non-green forces, however, the proper and the crucial decision regarding the investment to various form of projects have come to the question to be figured out through the techniques that can motivate the incumbents of the society leading toward to practicing the environmental friendly outlays with inflows. The traditional capital budgeting approaches that exist today, seeks to choose the best investment decisions, contributing to the motivation of not considering environmental deterioration. The study results show that the values of GNPV, GNFV, GARR, GIRR, GMIRR, GPI, GRADR and GNPV_C are lower

than those of traditional techniques- NPV, NFV, ARR, IRR, MIRR, PI, RADR and NPV_c but the values of GPBP and GDPBP are higher than those of traditional techniques-PBP and DPBP, that indicate that the recovery time of investment under green approaches consumes more time than those other techniques of traditional approaches of payback. However, the decision criteria of traditional capital budgeting techniques are applied in green capital budgeting techniques similarly. Firms that invested earlier in equipment to decrease pollution had higher profit growth [21]. Tradable emissions permits might not encourage investment environmentally in beneficial equipment [22]. Measurements regarding cost savings, cost effectiveness, cost avoidance, discount rates and risk management and environmental issues are essential input to investment appraisals and non-financial issues require consideration, since they relate to the trade-off between the effectiveness of the investment alternatives in respect of environmental outcomes against the financial investments and benefits; a reduction in emissions may be beneficial in that it reduces the probable risk of regulatory non-compliance, and the propensity for environmental impact risk that is established once the total emissions are determined [23]. Environmental indicators cover performance related to inputs such as material, energy, water and outputs such as emissions, effluents, waste and they also cover performance related to biodiversity, environmental compliance, and other pertinent information such as environmental expenditure and the impacts of products and services [24]. To take the green decisions, the green techniques help decision maker in respect of evaluation of investment project in the best way, discouraging impairment of natural environment that brings out peaceful lives.

5 CONCLUSION

The green capital budgeting approaches are helpful for sustainable development of investment project as well as for maintenance of rupture environment. The applications of these approaches looking forward to evaluating the investment projects will create the justified decisions having proper balance of cash inflows and outflows. Overall, the green capital budgeting approaches are the motivation approaches for project selection in most effective and efficient ways. These approaches yet do not compete with the decision rules that applied in traditional capital budgeting approaches.

ACKNOWLEDGEMENT

First and foremost, the researcher is grateful to the creator of the universe, who has kept the researcher sound with peaceful mind during this study. Afterward, he thanks to this journal authority who have helped the researcher to submit this fundamental research article online without having difficulties. Finally, the researcher thanks to all scholars from whom he has got references.

REFERENCES

- [1] R.J. Graham and R.C. Harvey, "The Theory and Practice of Corporate Finance: Evidence from the Field," *Journal of Financial Economics*, Vol. 60, pp. 187-243, 2001.
- [2] G. Bornholt, "The failure of the Capital Assets Pricing Model (CAPM): An update and Discussion, ABACUS," *A Journal of Accounting, Finance and Business Studies*, Vol. 49, pp. 36-43, 2013.
- [3] K.S. Meyer and H. Kiyamaz, "Sustainability Considerations in Capital Budgeting Decisions: A Survey of Financial Executives," *Accounting and Finance Research*, Vol. 4, pp.1-13, 2015.
- [4] P.C. Fusaro, "The New Green Business Model for Investment," *The Journal of Energy and Development*, Vol. 32, pp. 231-248, 2009.
- [5] J. Boissinot, H. Doryane, and G. Lame, (2015). "Finance and Climate: the Transition to a Low-Carbon and Climate-Resilient Economy from a Financial Sector Perspective, OECD (Organization for Economic Cooperation and Development)," *Financial Market Trends*, Vol. 1, pp. 8, 2015.
- [6] M.J.A. Siddiquee, "Invention of NFV Technique and its Relationship with NPV," *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 9, pp. 1188-1195, 2014.
- [7] T. Shinoda, "Capital Budgeting Management Practices in Japan — A Focus on the Use of Capital Budgeting Methods," *Economic Journal of Hokkaido University*, Vol. 39, pp. 39-50, 2010.
- [8] G.C. Arnold, and P.D. Hotzopoulos, "The Theory-Practice Gap in Capital Budgeting: Evidence from the United Kingdom," *Journal of Business and Accounting*, Vol. 27, pp. 603–626, 2000.
- [9] A.T.M. R. Hoque and M.J.A. Siddiquee, "Relationship between Green Net Future Value and Green Net Present Value: A Study on Rupali Bank Limited, Bangladesh," *International Journal of Management Studies*, Vol. 1, pp. 22-30, 2016.
- [10] J.M. Dutout and A. Pienaar, "A Review of Capital Budgeting Behavior of Large South Africans Firms," *Meditari Accountancy Research*, Vol. 12, pp. 19-27, 2005.
- [11] R. Slagmulder, W. Bruggeman, and L. Wassenhove, "An Empirical Study of Capital Budgeting Practices for Strategic Investments in CIM Technologies," *International Journal of Production Economics*, Vol. 40, pp. 121-152, 1995.

- [12] L. Kengatharan, "Capital Budgeting Theory and Practice: A Review and Agenda for Future Research," *Applied Economics and Finance*, Vol. 3, pp. 15-38, 2016.
- [13] R.H. Pike, "An Empirical Study of the Adoption of Sophisticated Capital Budgeting Practices and Decision-Making Effectiveness," *Account. Bus. Res.* Vol. 18 pp. 341-351, 1988.
- [14] H. Bierman and S. Smidt, (1993), "The Capital Budgeting Decision: Economic Analysis of Investment Projects," 8th ed., *Prentice Hall, Toronto*, 1993.
- [15] S. Kathy Ho, L. Chan, L. Daniel and Tompkins, "Capital Budgeting and Entrepreneurial Organizations: A Survey of Hospital Practices," *The Journal of Entrepreneurial Finance*, Vol. 8, pp. 111-127, 2003.
- [16] R.M. Burns and J. Walker, "Capital Budgeting Techniques among the Fortune 500: A Rationale Approach," *Managerial Finance* Vol. 23, pp. 3-15, 1997.
- [17] M.K. Al-Ani, "A Strategic Framework to Use Payback Period in Evaluating the Capital Budgeting in Energy and Oil and Gas Sectors in Oman," *International Journal of Economics and Financial Issues*, Vol. 5, pp. 469-475, 2015.
- [18] M. Hasan, "Capital Budgeting Techniques Used by Small Manufacturing Companies," *Journal of Service Science and Management*, Vol. 6, pp. 38-45, 2013.
- [19] R. Sookram and B. Kistow, "Capital Budgeting and Sustainable Enterprises: Ethical Implications," *the Journal of Values-Based Leadership*, Vol. 5, pp. 1-5, 2012.
- [20] C. Nehrt, "Timing and intensity effects of environmental investments," *Strategic Management Journal*, Vol. 17, pp. 545-547, 1996.
- [21] H.E. Klingelhöfer, "Investment Decisions and Emissions Trading, in R Antes, B Hansjurgens, & P Letmathe (eds), Emissions trading: Institutional Design, Decision Making and Corporate Strategies," *Springer Science plus Business Media*, pp. 149-164, 2008.
- [22] J. Raar, "Teaching Capital Budgeting for Climate Change," *Journal of the Asia-Pacific Centre for Environmental Accountability*, Vol. 17, pp.124-153, 2011.
- [23] Global Reporting Initiative, "Sustainability Reporting Guidelines," version 3.1. Amsterdam, the Netherlands: Global Reporting Initiative, 2011.
- [24] M. Masukujjaman and S. Aktar, "Green Banking in Bangladesh: A Commitment towards the Global Initiatives," *Journal of Business and Technology*, Vol. (1-2), pp.17-40, 2013.

CADRE JURIDIQUE DES SANCTIONS INTERNATIONALES : DIGNOSTIC DES SANCTIONS DE L'ONU À L'ENCONTRE DES ENTITES NOS ETATIQUES EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

Régis KATUALA GIZE

Étudiant en troisième cycle en Droit Public, Université de Kisangani, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Les sanctions sont des composantes essentielles de tout système juridique parce que sur elle repose l'efficacité des normes et des obligations qui les composent, sans constituer le critère d'appartenance d'une norme à la catégorie des règles de droit, les sanctions sont tout de même des piliers importants du droit. Les sanctions des Nations Unies décrétées dans le cadre du système de sécurité collective ne sont que les conséquences de la violation par les entités non étatiques, les individus, les groupes rebelles de leur obligation internationale, en l'occurrence la violation des droits de l'homme et de droit international humanitaire dont le « respect universel et effectif par tous, sans distinction de race, de sexe, de langue ou de religion », au sens de l'article 55 point c de la charte de l'ONU, est un devoir. Ces sanctions concernent le gel des avoirs et des interdictions de voyager. Ces sanctions sont l'un des moyens de pression sur ces individus auteurs d'actes des violations des droits de l'homme et visent à modifier le comportement de ce dernier. Les États membres des Nations Unies sont tenus de protéger toutes les libertés fondamentales et tous les droits de l'homme, qu'il s'agisse du droit humanitaire, des droits civils et politiques, ou économiques, sociaux et culturels. Cette étude a pour objet d'examiner les sanctions prises par les nations unies à l'encontre des entités non étatiques en République Démocratique du Congo. Pour récolter nos données, nous avons utilisé la méthode juridique qui a été soutenue par la technique documentaire.

KEYWORDS: sécurité collective, violations des droits de l'homme, droit international humanitaire, menace contre la paix.

1 INTRODUCTION

L'efficacité du droit est étroitement liée à l'existence d'un pouvoir de sanction en cas de violation de ces règles.¹ Des sanctions peuvent être décidées contre un État ou un acteur non étatique (individus, mouvement de rébellion, partis politiques...) quand celui-ci ne respecte pas ses engagements internationaux ou quand son comportement porte atteinte ou menace l'ordre public international.

Ces sanctions sont un moyen de coercition et peuvent être politiques, économiques ou militaires, comme un embargo sur les armes avec un quota d'importations ou l'interruption des relations diplomatiques. Ces sanctions peuvent selon les cas être décidées d'État à État (sanctions unilatérales) ou par un ensemble d'États dans le cadre d'une organisation régionale ou internationale comme l'ONU (sanctions collectives).²

¹ D. RUZIÉ, *Organisations internationales et sanctions internationales*, Armand colin, 1971, p.96.

² Médecin sans frontière, *dictionnaire pratique du droit international humanitaire*

L'objectif des sanctions est de faire pression sur les entités non étatique pour qu'elles modifient leur comportement. Le Conseil de sécurité peut dans ce cas décider d'adopter des mesures qui s'imposent à tous ses États membres, et qui impliquent ou non l'emploi de la force armée.

Ainsi, le conseil de sécurité des nations unies qui est un organe qui siège de manière permanente pour s'occuper du maintien de la paix et de la sécurité dans le monde a adopté plus de 1850 résolutions dans le cadre de l'accomplissement de sa mission principale d'assurer le maintien de la paix et de la sécurité internationale dont 68 résolutions concernent la République Démocratique du Congo.³ Un nombre considérable de ces résolutions ont pour destinataires, non pas les États membres des Nations Unies, mais une pluralité des entités non étatiques. Les destinataires non étatiques des résolutions du conseil de sécurité des nations unies sont des entités ou des acteurs autres que les États parmi lesquels figurent, entre autres, les organisations intergouvernementales, les mouvement rebelles et les particuliers personnes physiques et personnes morales privées.

La question que l'on se pose est de savoir au regard du droit international, le conseil de sécurité peut-il sanctionner directement les acteurs non étatiques sans passer par les États ? Ces sanctions ne sont-elles pas en contradiction avec les règles des protections des droits de l'homme ?

2 LES SANCTIONS CIBLÉES DANS LE DROIT DE L'ONU

Dans cette section il sera question d'analyser les sanctions adoptées par le conseil de sécurité des nations unies, des motifs pour lesquels les nations unies peuvent recourir aux sanctions, de l'inscription de l'individus sur la liste des sanctions, ainsi que de la radiation.

2.1 LES SANCTIONS ADOPTÉES PAR LE CONSEIL DE SÉCURITÉ

Le pouvoir de décider des sanctions est consacré par le chapitre VII de la Charte, qui attribue ce pouvoir au Conseil de sécurité. Le recours aux sanctions est prévu par l'article 41 de ce chapitre, qui dispose que « le Conseil de sécurité peut décider quelles mesures n'impliquant pas l'emploi de la force armée doivent être prises pour donner effet à ses décisions, et peut inviter les membres des Nations Unies à appliquer ces mesures. Celles-ci peuvent comprendre l'interruption complète ou partielle des relations économiques et des communications ferroviaires, maritimes, aériennes, postales, télégraphiques, radioélectriques et des autres moyens de communication, ainsi que la rupture des relations diplomatiques ». ⁴ Celles-ci se rattachent en effet au système de sécurité collective de l'ONU prévu par le Chapitre VII de la Charte des Nations unies dont elle ne constitue qu'une déclinaison nouvelle puisque c'est dans le cadre de son pouvoir d'adoption de mesures coercitives non militaires, prévu à l'article 41 de la Charte de Nations unies, que le Conseil de sécurité a choisi de viser des personnes et entités autres que les sujets originels du droit international. Les sanctions ont alors été qualifiées de sanctions « ciblées ». ⁵

Imaginée pour répondre à une exigence de respect des droits de l'homme et du droit humanitaire en même temps qu'à un souci d'efficacité, l'application des sanctions ciblées à des personnes privées constitue une évolution positive de la pratique des sanctions par le Conseil de sécurité. Le Conseil de Sécurité est ainsi autorisé de recourir à une série de mesures visant à atteindre les objectifs de la Charte. Ces mesures concernent principalement le règlement des différends internationaux ainsi que la restauration de la paix et la sécurité internationales, y compris par l'imposition de mesures coercitives en vertu du chapitre VII contre des individus ou des acteurs non étatiques, afin de faire pression sur eux et les amener à changer leur comportement. Les sanctions prévues par la Charte comprennent par ordre de gravité croissant : l'interruption partielle ou totale des relations économiques, des communications ferroviaires, aériennes, maritimes, postales, radio, la rupture des relations diplomatiques, et l'intervention armée.

En cas d'embargo total sur les échanges économiques, les secours humanitaires sont toujours exemptés. En pratique, un comité des sanctions est mis en place au niveau de l'ONU ou de l'organisation régionale qui a décrété l'embargo, afin de délivrer ces exemptions.

³ TSHIBANGU KALALA, *Les résolutions de l'ONU et les destinataires non étatiques*, Bruxelles, Larcier, 2009, pp13-14

⁴ Article 41 de la Charte des Nations Unies sans Francisco 1945

⁵ Table-ronde franco-russe, « Les sanctions ciblées au carrefour du droit international et européen », Grenoble, 2011. p.3

2.2 LES ACTEURS NON-ÉTATIQUES, NOUVEAUX ACTEURS DES RÉGIMES DE SANCTIONS

Les cas de sanctions contre des acteurs non-étatiques sont d'apparition récente. Le premier cas concerne les sanctions de l'ONU contre l'Union pour l'Indépendance Totale de l'Angola (UNITA), en 1993. Mais c'est au tournant des années 2000 que ce type de sanctions connaît un essor afin de répondre aux problèmes posés par les nouveaux conflits, dans lesquels les acteurs non-étatiques jouent les premiers rôles.⁶ Pour renforcer le respect des sanctions internationales imposées contre l'UNITA en Angola le Conseil de sécurité a demandé à tous les états d'engager des poursuites contre les personnes ou entités qui violeraient les mesures instituées par la présente résolution (864) et d'imposer les pénalités appropriées.⁷

Dans le cas de la RDC, les sanctions répondent à un problème classique de déstabilisation d'un État par des groupes non-étatiques. Un embargo sur les armes est imposé par la Résolution 1493 de juillet 2003. Suite à la Résolution 1533 de 2004, un comité des sanctions est créé pour la RDC. La Mission de l'ONU au Congo (MONUSCO) est alors chargée d'inspecter tous les moyens de transport franchissant les frontières au Kivu et en Ituri pour faire respecter l'embargo, et d'assister les douanes congolaises dans cette tâche. Les individus contribuant au contournement de l'embargo sont également ciblés. En 2013, le Conseil de sécurité décide de sanctions contre le mouvement rebelle M23 et les Forces démocratiques de libération du Rwanda (FDLR), ainsi que contre certains de leurs dirigeants. En juin 2014, il y ajoutera les Forces démocratiques alliées (ADF). Ces sanctions concernent des gels d'avoirs et des interdictions de voyager. La liste des sanctions comprend deux sections : les personnes et les entités. Un résumé des motifs ayant conduit à l'inscription sur ces listes est fourni par le Groupe d'Experts. De plus, les trafics de ressources naturelles constituent une grande préoccupation en RDC car ils sont souvent source de devises pour les trafics d'armes. Aussi, le Groupe d'Experts est-il chargé d'émettre des recommandations à l'intention des importateurs, des industries de transformation et des consommateurs, afin ne pas permettre les transferts de produits issus de trafics.⁸

2.3 LA FORCE CONTRAIGNANTE DES RÉOLUTIONS DU CONSEIL DE SÉCURITÉ DES NATIONS UNIES

Les résolutions du Conseil de sécurité décidant de la mise en place de sanctions sont des décisions qui s'imposent aux États membres. L'obligation des États d'accepter et d'appliquer les décisions du Conseil de sécurité est prévue aux articles 25 et 48, paragraphe 1, de la Charte. Aux termes de l'article 25, « les Membres de l'Organisation conviennent d'accepter et d'appliquer les décisions du Conseil de sécurité ». C'est un engagement des États, souscrit en adhérant à la Charte des Nations Unies, d'exécuter les décisions à prendre par le Conseil dans l'accomplissement de ses fonctions. Encore faut-il se mettre d'accord sur ce qu'on entend par « décision ».

Pour la mise en œuvre des résolutions qu'il édicte dans le domaine des sanctions économiques, le Conseil de Sécurité peut, en vertu des dispositions de son règlement intérieur, décider de créer un « comité du Conseil de Sécurité » composé de tous ses membres (appelé « comité des sanctions ») chargé notamment de veiller à la mise en œuvre par les États des mesures imposées par la résolution concernée, d'identifier les fonds ou autres ressources visées, etc.

2.4 LES MOTIFS POUR LESQUELS LE CONSEIL DE SÉCURITÉ PEUT DÉCIDER DES SANCTIONS

La Charte des Nations unies prévoit un système de sécurité collective qui organise le règlement pacifique des différends entre les États. Si ces mécanismes échouent, le chapitre VII (art. 39 à 51) prévoit des possibilités de sanctions collectives à l'encontre des États ou d'acteurs non étatiques, en cas de « menace contre la paix, de rupture de la paix et d'acte d'agression ». L'objectif est de faire pression sur cet État ou cette entité non étatique pour qu'il ou elle modifie son comportement. Le Conseil de sécurité peut dans ce cas décider d'adopter des mesures qui s'imposent à tous ses États membres, et qui impliquent ou non l'emploi de la force armée.

Avant d'en arriver aux sanctions militaires (utilisées exceptionnellement), le Conseil de sécurité a la possibilité de prendre des mesures obligatoires instituant des sanctions diplomatiques et économiques qui peuvent être plus ou moins sélectives (embargo sur les exportations d'armes, gel des avoirs financiers, interdiction de voyager, embargo sur tous les échanges économiques...).

⁶ Rapport final : « pertinence des sanctions rétorsions au XXIème siècle : Mutation, objectifs et moyens », AIS, 2014, p.35

⁷ Tshibangu Kalala, *op.cit.* p.175

⁸ Rapport final pertinence des sanctions *op.cit.*

Les sanctions prévues par la Charte comprennent par ordre de gravité croissant : l'interruption partielle ou totale des relations économiques, des communications ferroviaires, aériennes, maritimes, postales, radio, la rupture des relations diplomatiques, et l'intervention armée.

L'article 39 de la charte donne pouvoir au Conseil de sécurité de constater l'existence d'une menace contre la paix, d'une rupture de la paix ou d'un acte d'agression et de faire des recommandations ou de prendre des décisions permettant de maintenir ou rétablir la paix et la sécurité internationale.

2.4.1 LA MENACE CONTRE LA PAIX

La menace contre la paix, est une anticipation de la conséquence d'un comportement ou d'une situation sur l'état de paix internationale. « Il s'agit... d'une hypothèse vague et élastique qui, contrairement à l'agression et à la rupture de la paix, n'est pas nécessairement caractérisée par des opérations militaires ou en tout cas impliquant l'utilisation de la force, et qui par conséquent peut correspondre aux comportements les plus variés des États ».⁹

Les sanctions basées sur la menace contre la paix, nous pouvons citer les cas suivant : Rhodésie du Sud en 1966, Haïti en 1993, Sierra Leone en 1997, Afrique du Sud en 1977, ex-Yougoslavie après son éclatement en 1991, Rwanda en 1994, Yougoslavie – problème du Kosovo – en 1998, Liberia – première mouture – en 1992, Angola en 1993, Côte d'Ivoire en 2004, Somalie en 1992, et – dans bien des aspects – République démocratique du Congo en 2003 etc.¹⁰

2.4.2 LA RUPTURE DE LA PAIX

La rupture de la paix, désigne une situation de conflit déjà éclaté mais dans laquelle on n'a pas identifié le responsable ou déterminé l'agresseur. Entre l'agression et la rupture de la paix, il n'y a donc pas de différence de nature mais une question d'opportunité politique, c'est-à-dire un choix entre désigner ou non l'une des parties comme étant l'agresseur. En ce sens, l'agression n'est qu'une forme spéciale d'une rupture de la paix. La préférence au recours à la qualification de rupture de la paix résiderait alors dans le fait que celle-ci est « neutre et n'indique nullement à laquelle des deux parties sont imputables les actes qui y ont conduit ».¹¹

Les sanctions basées sur la rupture de la paix c'est notamment les sanctions contre l'IRAK en 1990.

2.4.3 L'AGRESSION

Dans l'annexe de la résolution 3314 (XXIX) du 14 décembre 1974 d'après l'article premier de cette annexe¹², « l'agression est l'emploi de la force armée par un état contre la souveraineté, l'intégrité territoriale ou l'indépendance politique d'un autre Etat, ou de toute autre manière incompatible avec la Charte des Nations Unies... ». L'article 2 précise que « l'emploi de la force armée en violation de la Charte par un Etat agissant le premier constitue la preuve suffisante à première vue d'un acte d'agression ».

L'article 3 énumère alors quelques actes des forces armées d'un Etat sur le territoire d'un autre qui constituent une agression, tels que l'invasion ou l'attaque d'un territoire d'un autre Etat, l'occupation militaire d'une partie de ce territoire, le bombardement de ce territoire, le blocus des ports ou des côtes d'un Etat, etc. Ces actes constitutifs d'agression ont comme caractère commun l'utilisation de la force armée, sous des formes diverses, contre un Etat.

⁹ B. Conforti, « Le pouvoir discrétionnaire du Conseil de sécurité en matière de constatation d'une menace contre la paix, d'une rupture de la paix ou d'un acte d'agression », in R.-J. Dupuy (ed.), *Le développement du rôle du Conseil de sécurité. Peace-keeping and Peace-building, Colloque de l'Académie de droit international de la Haye, Martinus Nijhoff, 1993, p. 53.*

¹⁰ Djacob Liva TEHINDRAZANARIVEL, *les sanctions des Nations Unies et leurs effets secondaires*, Genève, Graduate Institute Geneva, 2014, pp67-69

¹¹ Jean Combacau, *Le pouvoir de sanction de l'ONU : étude théorique de la coercition non militaire*, 1974, p.96.

¹² Dans l'annexe de sa résolution 3314 (XXIX) du 14 décembre 1974 d'après l'article premier de cette annexe.

2.5 PROCÉDURE SUR LES SANCTIONS CIBLÉES

2.5.1 IDENTIFICATION DE PERSONNE À SANCTIONNER

L'inscription d'un nom sur la liste d'un comité des sanctions est faite à l'initiative d'États membres de l'ONU. Ceux-ci sont guidés par les critères posés dans la résolution portant adoption de la sanction et le niveau de preuve exigé par celle-ci. Généralement, les États doivent fournir un exposé détaillé des faits qui motivent leur demande. La difficulté pourra provenir du fait que certaines données ont un caractère confidentiel et ne peuvent être communiquées comme élément de preuve.¹³

Il appartiendra pourtant au comité des sanctions de statuer sur la demande selon les modalités précédemment décrites. De son côté, la personne ou entité inscrite n'est donc pas en mesure de prendre connaissance de l'ensemble des faits qui lui sont reprochés, et n'aura pas nécessairement connaissance de l'État à l'origine de son inscription sur la liste des personnes visées par les sanctions.¹⁴

2.5.2 RADIATION SUR UNE LISTE DES SANCTIONS

La médiation des États est également nécessaire pour les demandes de radiation de la liste. Plus particulièrement, l'examen d'une demande de radiation accorde un rôle particulier à l'État ayant demandé l'inscription ainsi qu'à l'État de nationalité ou l'État de résidence de la personne ciblée. Le comité des sanctions cherche particulièrement à connaître la position du premier quant à la demande de radiation. L'État de nationalité ou de résidence, selon le cas, est pour sa part considéré par les comités des sanctions comme le relais « naturel » de la demande de radiation au moyen d'un mécanisme qui ne présente toutefois rien de comparable avec le mécanisme de la protection diplomatique puisqu'il ne s'agit pour l'État concerné que de servir de messenger. En effet jusqu'en 2006, la demande de radiation ou de dérogation à titre humanitaire devait nécessairement être transmise par l'État de résidence ou de nationalité. Il demeurait totalement libre de procéder à une telle transmission de la demande de radiation. Depuis décembre 2006, le requérant peut adresser directement sa demande au point focal, service du Secrétariat général chargé de recevoir les demandes de radiation. Le point focal vérifie que la demande de radiation est accompagnée d'informations supplémentaires par rapport à une précédente demande ou par rapport à la décision d'inscription. Il informe également le requérant de la procédure de traitement de sa demande.

La procédure de radiation accorde ensuite toujours une place centrale aux États particulièrement concernés par la demande soit en leur qualité d'État à l'origine de l'inscription, soit en leur qualité d'État de résidence ou de nationalité.¹⁵

2.6 L'EXÉCUTION PAR LE CONSEIL DE SÉCURITÉ DE SES DÉCISIONS À L'ENCONTRE DES PARTICULIERS

Les particuliers constituent la seule entité non étatique contre laquelle le Conseil de sécurité a mis lui-même en œuvre des sanctions sans l'intermédiation des États membres. Dans ce contexte, l'action du Conseil de sécurité est assez complète dans la mesure où, d'une part, il édicte des mesures à l'encontre des particuliers et, d'autres part, il exécute lui-même ces mesures.

Il arrive fréquemment que lorsque des individus commettent ou ordonnent de commettre les violations massives et systématiques des droits de l'homme et du droit international humanitaire au cours des conflits armés le Conseil de sécurité leur adresse des injonctions pour exiger la cessation de ces actes illicites. Il attire particulièrement l'attention des individus concernés sur la responsabilité pénale individuelle qu'ils encourent en commettant ou en ordonnant de commettre ces actes criminels. Si les injonctions adressées aux particuliers exigeant la cessation de ces actes illicites ne sont pas suivies d'effet, le conseil de sécurité peut réagir de deux manières différents.¹⁶

¹³ Table ronde franco-russe, *op.cit.* p.11

¹⁴ *Idem*, p.11.

¹⁵ Table ronde franco-russe, *op.cit.* pp11-12

¹⁶ Tshibangu KALALA, *op.cit.* p.175. On peut mentionner à titre d'exemple la résolution 1921 (2000) relative à la situation en RDC, dans laquelle le Conseil de sécurité s'est adressé aux États membres impliqués dans la guerre, pour leur demander de protéger les droits de l'homme et de respecter le droit international humanitaire et la prévention et la répression du crime de génocide de 1948, ainsi que de s'abstenir ou de cesser d'appuyer ceux que l'on soupçonne d'être impliqués dans les crime de génocide, dans des crimes contre l'humanité ou dans des crimes de guerre, ou d'associer avec eux, de quelque manière que ce soit, ainsi que de traduire en justice les responsables et de permettre que des mesures soient prises conformément au droit international pour engager la responsabilité de ceux qui auraient commis des violations de droit humanitaire.

Dans le premier cas de figure le Conseil de Sécurité peut demander aux États membre d'engager des poursuites pénales contre les personnes présumés coupables de violations des droits de l'homme et du droit international humanitaire.

Dans le deuxième cas de figure, le Conseil de sécurité peut, au lieu de s'appuyer sur les États membres, décider d'établir lui-même dans l'ordre juridique international des mécanismes de poursuites pénales contre des individus présumés coupables de violations graves du droit international humanitaire et du droit international relatif aux droits de l'homme. Dans ce contexte, le Conseil de sécurité abandonne l'intermédiation des États membres dans la mise en œuvre de ses décisions à l'encontre des particuliers pour agir lui-même.¹⁷

2.6.1 L'OPPOSABILITÉ DES DÉCISIONS DU CONSEIL DE SÉCURITÉ À L'ÉGARD DES PARTICULIERS DANS L'ORDRE JURIDIQUE INTERNATIONAL

Au stade de la mise en œuvre dans l'ordre juridique international, le Conseil de sécurité se trouve dans une situation où il doit exécuter lui-même des mesures à l'encontre des particuliers pour non-respect de ses obligations obligatoires. Dans ce contexte, un Comité de sanction du Conseil de sécurité peut, par exemple envisager de citer nommément certaines personnes physiques ou morales privées responsables d'actes constitutifs de menace contre la paix et la sécurité internationale.¹⁸

3 CONCLUSION

Aux termes de ses résolutions adressées aux acteurs non étatiques, le conseil de sécurité des nations unies impose des sanctions aux entités non étatiques qui violent les droits de l'homme et le droit international humanitaire.

Dans le cas des sanctions décidées à l'encontre de certains groupe armés œuvrant à l'Est de la République démocratique du Congo, les sanctions répondent aux violations massives des règles du droit international coutumier, qui sont des normes de *jus cogens*, obligatoires à tous les individus et aux États de le respecter et d'appliquer des mesures diplomatiques et économiques à l'encontre des particuliers qui les violent. C'est donc pour mettre fin ou modifier le comportement des individus, groupe rebelles sur les actes des violations des droits l'hommes perpétrés à la population civile que les Nations Unies, avaient décidés d'imposer des sanctions contre des personnes, groupes armés qui seraient impliquées dans l'entrave au droits de l'homme et droit international humanitaire. Ainsi , les entités non étatiques , les mouvements rebelles et les particuliers sont dans l'obligation de ne pas violer les règles du droit international humanitaire dont le conseil de sécurité des nations unies exigerait le respect aux termes de ses résolutions relatives au maintien de la paix et la sécurité internationale

REFERENCES

- [1] RUZIÉ, Organisations internationales et sanctions internationales, Armand colin, 1971, p.96.
- [2] Médecin sans frontière , dictionnaire pratique du droit international humanitaire.
- [3] TSHIBANGU KALALA, Les résolutions de l'ONU et les destinataires non étatiques, Bruxelles, Larcier, 2009
- [4] Table-ronde franco-russe, « Les sanctions ciblées au carrefour du droit international et européen », Grenoble, 2011
- [5] La Charte des Nations Unies sans Francisco 1945
- [6] Rapport final : « pertinence des sanctions rétorsions au XXIème siècle : Mutation, objectifs et moyens », AIS,2014
- [7] B.Conforti, « Le pouvoir discrétionnaire du Conseil de sécurité en matière de constatation d'une menace contre la paix, d'une rupture de la paix ou d'un acte d'agression », in R.-J. Dupuy (ed.), Le développement du rôle du Conseil de sécurité. Peace-keeping and Peace-building, Colloque de l'Académie de droit international de la Haye, Martinus Nijhoff, 1993
- [8] Djacob Liva TEHINDRAZANARIVEL, les sanctions des Nations Unies et leurs effets secondaires, Genève, Graduate Institute Geneva, 2014
- [9] [9]. Jean Combacau, Le pouvoir de sanction de l'ONU : étude théorique de la coercition non militaire, 1974
- [10] Résolution 3314 (XXIX) du 14 décembre 1974.

¹⁷ TSHIBANGU KALALA, *op .cit.* p.176. Les tribunaux pénaux internationaux pour l'ex Yougoslavie et pour le Rwanda sont des exemples de l'abandon de l'intermédiation des états membres par le Cs pour la mise en œuvre dès ses décisions dans l'ordre juridique international à l'encontre des particuliers.

¹⁸ *Idem*, p.179.

دور التكنولوجيا الرقمية في تصميم أثاث لا منطقي

[The role of digital technology in illogical furniture design]

Amany Mashour Hendy and Alyaa Ezzat Hassan

Interior Design and Furniture Section, Faculty of Applied Arts, Damietta University, Egypt

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The most successful designers are those who seek to have a rich ideas. Without diversifying ideas, ordinary ideas become stagnant and lose their advantages. In the end, the designer loses the ability to innovate. So the designer is always keen to change the way of meditation for everything that surrounds it, which leads to the discovery of new relationships between things, and combined them to form innovative concepts are unfamiliar, which in turn lead to the development of creative thinking skills and not compatible with the latest modern technology. Hence the problem of research, the habit of the local furniture designer to draw inspiration from the forms in a logical manner may lead to the cessation of creativity in a moment. Which ultimately leads to the transformation of furniture from a functional composition of an innovative artistic nature, to a rigid thin g that we use in its daily form and does not carry between it what we call the realization of the mind and hopes aspects of beauty. What are the illogical trends of the formal inspiration provided by modern technology and computer programs? And how does inspiration come from using these nonsensical trends to revolutionize the world of furniture design? The research aims to infer the illogical formal trends resulting from the integration of modern digital techniques with logical formal values. By analyzing some of the contemporary furniture designers' work. To explain the effect of the informal and formal trends on local furniture. The research follows the descriptive analytical method. Modern technology has enhanced innovation in furniture design globally by discovering new relationships between objects, because technological advances in science have created a different vision of things. The flexibility of computer programs has enabled the designer to add, delete and merge quickly and easily, enabling him to create new things. Modern technology has also added illusory formality to the inspiration of global furniture design, such as fragmentation of formation, which is in contrast to the principle of unity in logical formal values. Other dimensions were created as a fourth addition within the composition by giving a hint of fast and slow motion. It also enabled the global designer to exploit the possibilities of the third dimension better than before. The existence of economic, technical, technological and cultural restrictions on many local furniture has led to the codification of the vulnerability of modern digital technologies, causing the absence of important foundations such as balance, harmony and unity in some pieces of local furniture.

KEYWORDS: Creative thinking, Contemporary furniture design, Digital technology, Illogical formal Directions for Inspiration.

ملخص البحث: إن أكثر المصممين نجاحا هم من يسعون لامتلاك مخزونا ثريا من الأفكار فيدون إتاحة الفرصة لتنوع الأفكار تصبح الأفكار المعتادة راکدة وتفقد مزاياها وفي النهاية يفقد المصمم القدرة علي الابتكار. لذا يحرص المصمم دائما علي تغيير طريقة التأمل لكل ما يحيط به مما يؤدي إلي اكتشاف علاقات جديدة بين الأشياء، ویدمجها معا تتشكل مفاهيم مبتكرة غير مألوفة مما يؤدي بدوره إلي تنمية مهارات التفكير الإبداعي. ومن هنا تكمن مشكلة البحث في اعتياد بعض مصممي الأثاث علي الاستلهم من الأشكال بطريقة منطقية قد يؤدي إلي توقف الإبداع وعدم التوافق مع أحدث الوسائل التكنولوجية المتاحة. مما يؤدي في النهاية إلي تحول الأثاث من تكوين وظيفي ذو طابع فني مبتكر، إلي مجرد شيء جامد نستخدمه بصفه يومية ولا يحمل بين طياته ما يدعونا لإعمال العقل وتأمل جوانب الجمال به ليتحرر المصمم خارج حدود المنطق بخطوط ابداعية تجعله متميزا ومواكبا للتطور التكنولوجي وعليه فكيف تتحدد الاتجاهات اللامنتطقية للاستلهم الشكلي التي توفرها التكنولوجيا الحديثة وبرامج الحاسب الآلي؟ وكيف يحدث الاستلهم باستخدام تلك الاتجاهات اللامنتطقية ثورة في عالم تصميم الأثاث. ويهدف البحث لاستنتاج الاتجاهات الشكلية اللامنتطقية الناتجة من دمج التقنيات الرقمية الحديثة مع الأسس الشكلية المنطقية. من خلال تحليل بعض أعمال مصممي الأثاث المعاصرة. وتوضيح أثر الاتجاهات الشكلية اللامنتطقية المستحدثة علي الأثاث المحلي. وذلك من خلال الدراسات التحليلية الوصفية.

لقد عززت التكنولوجيا الحديثة مجال الإبداع في تصميم الأثاث عالميا من خلال اكتشاف علاقات جديدة بين الأشياء وذلك بسبب أن التطور التكنولوجي في مجالات العلوم قد أوجد رؤية مختلفة للأشياء. كما أن المرونة الموجودة في برامج الحاسب الآلي مكنت المصمم من الإضافة والحذف والدمج بسرعة وسهولة مما مكّنه من ابتكار أشياء جديدة. كما أضافت التكنولوجيا الحديثة اتجاهات شكلية لا منطقية جديدة للأثاث العالمي مثل تفتيت التكوين الذي هو في مقابل مبدأ الوحدة في الأسس الشكلية المنطقية. وخلقت أبعاد أخرى كإضافة بعد رابع داخل التكوين من خلال إعطاء إيهام بالحركة السريعة والبطيئة. كما مكنت المصمم العالمي من استغلال إمكانيات البعد الثالث أفضل من قبل. وعلى العكس من ذلك فنجد أن مصمم الأثاث المحلي قد سعى إلى تقنين التأثير بالتقنيات الرقمية الحديثة بسبب وجود قيود اقتصادية، وفنية، وتكنولوجية، وثقافية علي كثير من الأثاث مما تسبب في غياب أسس هامة كالتوازن والتناغم والوحدة في بعض قطع الأثاث المحلي.

كلمات دلالية : تفكير إبداعي، تصميم الأثاث التصميم المعاصر، التكنولوجيا الرقمية اتجاهات شكلية لا منطقية للاستلهم.

المقدمة

إن عملية تصميم الأثاث تقتضي وجود مرونة ومعرفة شاملة بكل ما يحيط بقطعة الأثاث من قيم وظيفية وجمالية حيث أن وجود مخزون وافر من المعرفة في مجال ما يعتبر هو أساس الإبداع والقدرة على رؤية الأمور بطريقة جيدة مما يؤدي إلى تكوين حلول وأفكارا مبتكرة للمشكلات. (يوسف 2011م، 41) وهذا هو جوهر التفكير الإبداعي الذي يعمل على تطوير فكرة قديمة أو إيجاد فكرة جديدة ينتج عنها إنتاج متميز يمكن تطبيقه واستخدامه (هاشم 2018م، 141). كما يعد التفكير الإبداعي عملية ذهنية معقدة للوصول إلى أفكار ورؤى جديدة عن طريق تفكير متشعب (تباعدي) لا يلتزم بمبادئ محددة ولا يتحدد بقواعد المنطق العلمي ويتطلب دافعية ورغبة واستعداد للعمل بجد ومثابرة (البرقعاوي 2012، 31).

ترتبط قدرة مصمم الأثاث في ابتكار أفكار جديدة بالخبرات السابقة المبنية على رؤية عميقة لكل ما يحيط به من مؤثرات بصرية، وفكرية وفلسفية، وتكنولوجية وعلمية. فلكل مصمم أسلوبه الخاص في التفاعل مع تلك المؤثرات ويرجع ذلك لتغيريئة المصمم التي يتغير معها الظروف الثقافية والاجتماعية والسياسية والاقتصادية. إلا أن الاتجاهات المنطقية للتصميم المتمثلة في الوحدة، والانسجام، والتضاد، والتوازن، والإيقاع، والنسبة، والتناسب تعد عامل أساسي مشترك للتفكير في تصميم جديد وجيد ولكن هذه الاتجاهات إذا ظلت جامدة وغير مرتبطة بالتطور التكنولوجي. قد تعيق المصمم وتقيد فكره فلا يتمكن من الإبداع لذا تحتم على المصمم محاولة استحداث اتجاهات شكلية لامنطقية معتمدة في أساسها على الاتجاهات المنطقية للتصميم ومرتبطة بالتطور التكنولوجي. حيث أن التكنولوجيا هي التطبيق العملي في أي مجال من مجالات العلوم وهي النظام الهام في كل إنتاج. (وليمز 2007، 313) وقد يحدث ارتباك بينها وبين كلمة تقنية technique التي هي جملة المبادئ أو الوسائل التي تعين علي انجاز شيء أو تحقيق غاية (وهبة 2007، 208).

لقد أضافت التكنولوجيا الرقمية و برامج الحاسب الآلي أبعادا جديدة للاتجاهات المنطقية للتصميم وأدت إلى تنطورها لتتوافق مع العصر الحديث إما عن طريق الإيهام بالحركة السريعة أو إعطاء أبعاد جديدة في التصميم. كما ساعدت برامج الحاسب الآلي علي تنمية خيال المصمم وتزويده بأدوات افتراضية تمكنه من تعديل وتغيير الهيئة الشكلية للمنتج وكذلك تخيل المنتج

من جميع الاتجاهات مما يوفر جهد كبير للمصمم. كذلك تطور أسلوب المصمم في التأمل والاستقراء الفلسفي لكل ما يحيط به بسبب تطوير التكنولوجيا لأدوات عديدة ساهمت في التعرف على التكوين الدقيق للخلايا والجسيمات الصغيرة مما اكسب المصمم خبرات بصرية جديدة من خلال معرفة أشكال وخطوط عضوية وعلاقات لم يتاح له رؤيتها من قبل مما ساعد علي تطوير رؤى جديدة في التصميم يمكن أن يستغلها المصمم المحلي لتحفيز مهارات التفكير الإبداعي لديه.

كما ساهمت التكنولوجيا الرقمية في تسهيل عمل نماذج أولية للتصميمات المختلفة باستخدام ماكينات حديثة متطورة بالإضافة إلى امكانية تنفيذ التصميم الواحد بخامات أخرى فيمكن أن ينفذ التصميم الواحد بالخشب أو البرونز أو الطين مما يعطي تنوع ويوسع من خبرة المصمم عن طريق التجربة التطبيقية.

مشكلة البحث:

تكمن المشكلة في اعتياد بعض مصممي الأثاث على الاستلهم من الأشكال بطريقة منطقية قد يؤدي إلى توقف الإبداع وعدم القدرة على التوافق مع أحدث الوسائل التكنولوجية المتاحة. مما يؤدي في النهاية إلى تحول الأثاث من تكوين وظيفي ذو طابع فني مبتكر، إلى مجرد شيء جامد نستخدمه بصفه يومية ولا يحمل بين يديه ما يدعونا لإعمال العقل وتأمل جوانب الجمال به. ليتحرر المصمم خارج حدود المنطق بخطوط إبداعية تجعله متميزا وموأكبا للتطور التكنولوجي وعليه فكيف تتحدد الاتجاهات اللامنطقية للاستلهم الشكلي التي توفرها التكنولوجيا الحديثة وبرامج الحاسب الآلي؟ وكيف يحدث الاستلهم باستخدام تلك الاتجاهات اللامنطقية ثورة في عالم تصميم الأثاث.

أهداف البحث:

ويهدف البحث إلى استنتاج الاتجاهات الشكلية اللامنطقية الناتجة من دمج التقنيات الرقمية الحديثة مع الأسس الشكلية المنطقية. من خلال تحليل بعض أعمال مصممي الأثاث المعاصرة. وتوضيح أثر الاتجاهات الشكلية اللامنطقية المستحدثة علي الأثاث المحلي.

منهجية البحث:

يتبع البحث البحث المنهج الصفي التحليلي.

الاطار النظري للبحث Theoretical Framework:

■ التفاعل الديناميكي في التصميم:

يكون خيال المصمم دائما في حالة من التفاعل النشط حتى إنه يستغل أي شيء يلاحظه ليكون مصدرا جديدا للابتكار والإبداع. فأثناء تصميم الأثاث يقترح المصمم حلا مبدئيا عن طريق الاستعانة بقدرات التفكير الإبداعي ويتم تحويل هذا الاقتراح إلى تصميم أولي أو عدد من التصميمات لتتم عملية المفاضلة بين هذه التصميمات واختيار التصميم المناسب (Pile 1990، 171). ولكي يتم تحقيق التوازن والترابط في التصميم يتم الإستعانة بعدد من المبادئ الهامة التي تعد اتجاهات منطقية أساسية لأي تصميم ناجح. ولكن التطور التكنولوجي قد أوجد برامج تصميم متطورة تساعد المصمم علي تقديم عدد كبير من التصميمات المختلفة في أقل وقت ممكن.

1- الاتجاهات المنطقية للتصميم :

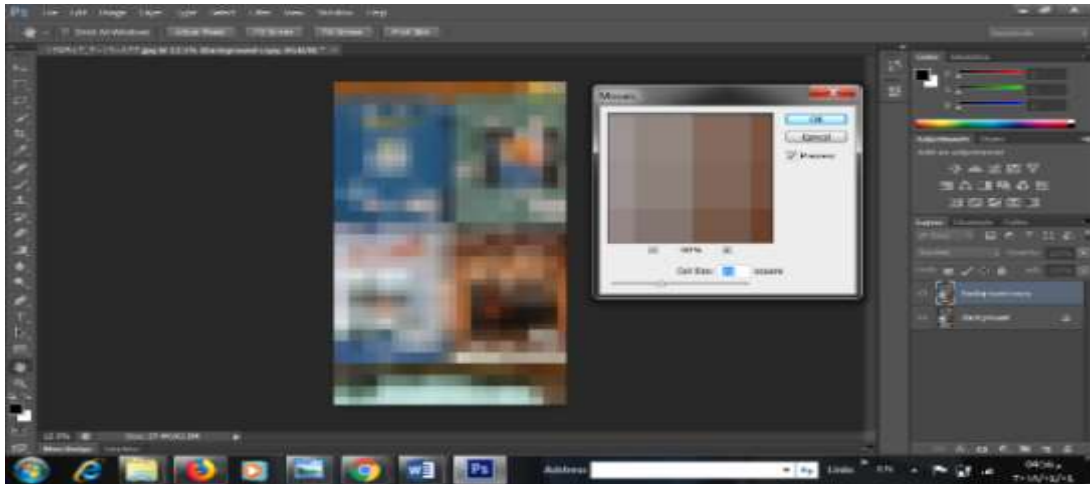
يستعين المصمم بعدد من المبادئ التصميمية بغرض ربط عناصر التصميم*معا بعلاقات. في عملية تشكيل صحيحة يتحقق من خلالها الفكرة التصميمية المطلوبة (عبدالرازق 2011م، 53) والتي يتم ترجمتها للمنتج النهائي. وتعد هذه الاتجاهات هي الحياة لأي عمل فني وكل اتجاه منها له دور في تنمية الإحساس بكمال التصميم. وقد مكنتنا التطور العلمي من التعمق في طبيعة الفضاء الخارجي بل وأيضاً كشف ما بداخل الأجسام الدقيقة والأشكال التي لا تری بالعين المجردة. لنكتشف أن هذه الاتجاهات (الجبالي 2016، 107) ما هي إلا انعكاس منطقي لنظام الكون ككل مما يوضح أن توافر هذه الاتجاهات بأي تصميم يجعل التصميم في انسجام تام مع الطبيعة من حوله. وتشمل الوحدة **Unity** وهي ارتباط داخلي بين أجزاء العمل الفني الواحد (أحمد 2016، 56)، **الانسجام والتناغم Harmony** وهو أن تنتظم أجزاء الشيء المختلفة فتتآلف وتترابط. (الحناوي 2011، 3)، **التضاد contrast** وهو الجمع بين طرفي النقيض وهو في الواقع انتقال سريع ومفاجئ من حالة إلى عكسها وهو يساعد على جذب الانتباه. (رياض 2000م، 165) **التوازن Balance** هو الحالة التي تتعادل فيها القوى (عبدالحميد 2002م، 84)، **الايقاع Rhythm** يمثل التناغم بين عناصر العمل الواحد. ويظهر في كل ما تلمسه العين من نسب وعلاقات في التصميم (ع. عبدالله 2013، 190) **النسبة والتناسب Proportion** النسبة هي مرادف للتناسب في حدود علاقة بين خواص عنصرين فقط، أما التناسب فهو مصطلح يضيف العلاقات بين خواص عدة أشياء من نفس النوع، والتناسب يقوم علي أساس من الحسابات الرياضية والهندسية التي تحدد العلاقات المثالية بين أجزاء العمل الفني (الخولي م 2007، 100).

2- التصميم في ضوء التحول الرقمي:

لقد ظل الفكر التصميمي لعشرات السنين متأثراً بمقولة (لو كوربوزيه) بأن أشكال المكعب والمخروط والكرة والإسطوانة وغيرها من جميع الكتل الرئيسية التي تعبر عن هيئتها دون أي غموض هي الأكثر جمالاً (إمام 2015م، 1062). إلى أن استخدمت الحاسبات الإلكترونية في مجال الفن خلال النصف الثاني من القرن العشرين حين تعاون مجموعته من الفنانين مع مجموعته من المصممين في لغات البرمجة المعقدة، لإنتاج برامج إلكترونية قادرة على اقتحام عالم الفن وعرفت باسم (CAD) ومعناها Computer Aided Design وأصبحت توفر للمصمم مجموعة كبيرة من أدوات الرسم والتسهيلات الخاصة التي لا يمكن الحصول عليها بأي وسيلة أخرى (سهيل 2012م، 207).

مما ساعد على تطور الاتجاهات الشكلية المنطقية في التصميم واستحداث اتجاهات فرعية غير مألوفة. وتعمل البيئة الرقمية علي حدوث تفاعل ديناميكي بين المصمم والتصميم مما يعمل علي تحفيز خيال المصمم. **وينتج عنه:**

- الحرية في عمل تشكيلات انسيابية متعددة المساقط. (نصير 2012م، 419) ذات خطوط هندسية معقدة يصعب تمثيلها يدوياً.
- توفير إمكانيات العرض البصري المتنوع الثنائي والثلاثي الأبعاد يساعد المصمم في عملية التفكير النقدي التحليلي والاستكشافي (نصير 2012م، 412).
- تعزيز القدرة على الابتكار من خلال اكتشاف علاقات جديدة وتشكيل مفاهيم جديدة (ابوالنصر 2012، 24).
- توفر أشكال متطورة تتمتع بإيقاع حر وبناء متناغم وحركة تعطي إحياء بالبعد الرابع.
- توفر البيئة الرقمية مخزناً واسعاً لتوثيق الأفكار التصميمية ونشرها علي نطاق محلي وعالمي.



صورة (1) نافذة برنامج فوتوشوب توضح كيفية زيادة البيكسل في الصورة وتقليل عددها مما يؤدي إلي عدم وضوح تفاصيل الصورة وشكل البيكسل يعد اتجاه شكلي جديد يتبعه عدد من مصممي الأثاث لانتاج نوعاً من الأثاث يطلق عليه (pixel furniture)

■ اتجاهات شكلية مستحدثة بواسطة الحاسب الألي:

تعد الاتجاهات الشكلية المستحدثة أو اللامنتطقية تطور جديد ناتج من الدمج بين الأسس الشكلية المنطقية المتبعة في أي تصميم، والتقنيات والامكانيات التي تقدمها برامج التصميم المختلفة التي تتيح للمصمم سرعة التغيير والحذف والإضافة والشد وتغيير لون واتجاه التصميم ككل أو اتجاه بعض العناصر الصغيرة المكونة

* عناصر التصميم هي النقطة، الخط، الشكل، الكتلة والفراغ، الملمس، اللون

له. وتعتبر الاتجاهات اللامنتطقية المستحدثة اتجاهات مركبة ناتجة من الجمع بين أكثر من اتجاه منطقي **جدول (1)**. مما يجعل الاتجاهات الشكلية اللامنتطقية مصدرا جديدا للتفكير الإبداعي لدي المصمم.

جدول (1) يوضح الاتجاهات الشكلية اللامنتطقية وكيف تأثرت بالاتجاهات الشكلية المنطقية

اتجاهات شكلية لا منطقية	ما يقابلها من اتجاهات شكلية منطقية
1-تفتيت الشكل والكتلة	دمج للوحدة مع التوازن مع التضاد
2-الشد والضغط	دمج للنسبة والتناسب مع التوازن مع التضاد
3-التناغم ثلاثي الأبعاد	دمج للتضاد مع التناغم
4-التقسيم البارا متري	دمج للإيقاع المنتظم والحر مع التوازن
5-الربط بين النمط الفوضوي والرقمي	يتطلب دمج لكل القيم الشكلية المنطقية
ملحوظة: - التضاد هو السمة الأساسية الغالبة بين كل الاتجاهات الشكلية اللامنتطقية. - التوازن هو القيمة الشكلية التي تساهم في نجاح أي قطعة أثاث لامنتطقية.	

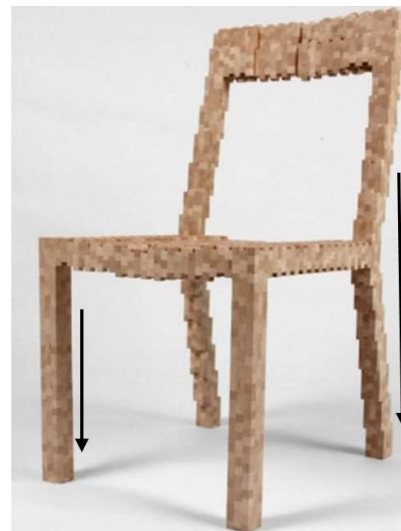
1- تفتيت الشكل والكتلة وتغير مفهوم الوحدة:

قد ظهر هذا الأسلوب وانتشر لدى كثير من المصممين وترجع فكرته إلى استخدام برامج الحاسب الخاصة بتعديل الصور حيث أن الصورة الرقمية تظهر على أي شاشة عبارة عن صورة مكونة من مئات الآلاف أو ملايين المربعات الصغيرة وتدعى عناصر الصورة أو بيكسل (حسين 2012م، 44) (PIXEL) وتعرف على أنها أصغر عنصر للصورة الرقمية (قاموس المعاني 2018م). وهي الوحدة الأساسية القابلة للبرمجة على شاشة الكمبيوتر. وتعد وحدة حسابية منطقية -وليس مادية- ويتم من خلال التحكم في عددها ضبط دقة الشاشة أو أي صورة (Rouse 2015). كما في صورة (1).

مثال 1 مقعد بكسل (Pixel-Chair): من تصميم المصممة فيفيان تشيو* (Vivian Chiu) سنة 2011م. ويبلغ طوله 40سم، وعرضه 40سم، وارتفاعه 81سم. صورة (2) (3) والمقعد مصنوع من مكعبات من خشب القيقب (سكامور)، مقاسها نص بوصة مجمعه معا (chiu 2018) في نظام يشبه أسلوب البيكسل. حيث إن التطور الحادث في مجال التكنولوجيا والآلات وأساليب التجميع والتشغيل قد ساعد المصممة على تنفيذ فكرتها. ونلاحظ أن، بعكس الأرجل الخلفية وظهر الكرسي والجلوسه نلاحظ عدم التساوي في مستويات المكعبات ولكن ذلك الاختلاف غير عشوائي حيث أنه يأخذ نسق إيقاع منتظم فعلى الرغم من أن فكرة التصميم تبدو في ظاهرها لا منطقية إلا أنها اتخذت في جوهرها نمط منطقي وهو الإيقاع المنتظم الذي يغلب على تشكيل الكرسي وبعد الكرسي عمل نحتي في المقام الأول. تتميز أعمال Vivian بالدقة، وغالبا ما تتضمن كل مشاريعها قواعد رياضية وهندسية بسيطة. وأطلقت عليها صحيفة (صناع الأثاث الأمريكية) لقب نحاتة الرياضيات (TAKES 2018).



صورة (3) لقطة توضح تفاصيل قطع الخشب المكونة للجلوسه وهي مجمعة معا بإيقاع منتظم وتأخذ الجلوسه خطا منحنيا لتحقيق راحة أثناء الجلوس والتنوع اللوني بين المكعبات المكونة للمقعد يؤكد فكرة البيكسل المستوحى منها المقعد كما أنه يوحي بالتناغم. (chiu 2018)



صورة (2) مقعد بكسل (Pixel-Chair) المكعبات المكونة للأرجل الأمامية للمقعد متراصة معا في نفس الخط بعكس الأرجل الخلفية والظهر يتضح بهم إيقاع متدرج مما يخلق تضاد في الهيئة الكلية للمقعد. (chiu 2018)

* فيفيان تشيو: ولدت فيفيان تشيو في لوس أنجلوس وهاجرت إلى هونغ كونغ في سن الثالثة تخرجت في BFA لتصميم الأثاث. تهتم بمختلف الخامات، تهتم بعمل منحوتات وظيفية. وقد شاركت في عدد من المعارض أخرها في مركز فن الخشب (2018) في Philadelphia.

مثال 2 دولاب بيكاديلي Piccadilly sideboard: من تصميم شركة بوكا دو لوبو (BOCA DO LOBO)*. صورة (4) ويبلغ طوله 196سم ، وعمقه 51سم ، وارتفاعه 83سم. هيكل الدولاب الخارجي مصنوع من الخشب ويحمل طراز ايطالي. وقد تمت تغطية أجزاء منه بالقشرة لتعطي (BOCA DO LOBO 2018) تأثير البيكسل الذي يغطي الهيكل بايقاع غير منتظم مما يعطي إحياء بالحركة ويؤكد على اتجاه التضاد الذي هو سمة غالبية في الهيكل الكلي للقطعة ، كما استخدم اللاكويه الفاتح اللون في طلاء أغلب الهيكل ليحدث نوعا من التضاد مع ألوان القشرة الداكنة المكونة لأجزاء البيكسل.

2- التصميم بواسطة الشد وإضافة أبعاد أخرى لقطعة الأثاث:

الشد وتغيير النسب هو أحد الإمكانيات التي تقدمها برامج الحاسب للمصمم ويمكن من خلالها عمل استطالة أو انكماش أو تحريف للهيئة الخارجية لأي شكل مما يغير من الشكل المألوف والمتعارف عليه . بالإضافة إلى إمكانية عمل لف للقطعة وعمل تماثل منعكس كما في المرآة أو عمل التفاف للشكل حول نقطة مركز لجعل الحدود الخارجية للأشكال المستقيمة تبدو منحنية أو ذات ليونة لتشبه الحلزون ويمكن تغيير النسبة بحيث نحدث تباين في الحجم بين الأجزاء مما أثير خيال كثير من مصممي الأثاث وحثهم علي ابتكار أثاثا يحمل سمات شكلية مبتكرة ومستحدثة وأوجد علاقات جديدة ومفهوم مختلف للنسبة والتناسب.

مثال 1 مقعد فيبوناتشي Fibonacci chair: صورة (5) من تصميم المصمم سيغسيان بروكوفيتش Sebastian Brajkovic* سنة 2015م. واسم المقعد نسبة إلى متسلسلة فيبوناتشي* ويبلغ طوله 124سم ، وعمقه 54سم ، وارتفاعه 101سم. المقعد من الخشب المطلي بالبرونز ومنجد بالحريز المطرز بخيوط النحاس والبرونز . بدأ المصمم برسم المسقط الوجهي لكرسي تقليدي وقد كان الأمر منطقيا في البداية فهو أشبه بعملية حسابية. ثم باستخدام برنامج أوتوكاد AutoCAD قام بعمل شد وجذب للأرجل الجانبية بطريقه حلزونية (Twists) وأوجد لها نقطة ارتكاز علي الأرض بحيث يبدو المقعد متزن وقابل للاستخدام.



صورة (4) دولاب بيكاديلي الذي يمثل دمجا لأسلوب البيكسل المستحدث مع الطراز الايطالي المتمثل في شكل الدلف والأرجل والسمة الغالبة علي كل التصميم هي التضاد الذي يلاحظ في كل جزء من أجزائه فعند النظر إلي المسقط الوجهي نلاحظ أن أحد الأرجل مغطاه بوحدات البيكسل تعلوها دلف غير مغطاه بوحدات البيكسل أما الرجل الأخرى فهي غير مغطاه بوحدات البيكسل ويعلوها دلف مغطاه بوحدات البيكسل وهكذا فإن ذلك التباين قد خلق نوعا من التوازن والايقاع الذي يدرك من خلال الهيئة الكلية للدولاب (BOCA DO LOBO 2018)

* BOCA DO LOBO شركة أثاث برتغالية تم تأسيسها عام 2005 في البرتغال وقد استمرت في تنفيذ أعمال مميزة في عديد من دول أوروبا وفي عام 2014 قامت بافتتاح فرع في الولايات المتحدة الأمريكية ومنها إلي الصين وفرنسا وإيطاليا وهي تتبع أسلوب مميز في التصميم.

* مصمم أثاث معاصر يطلق علي أعماله الكلاسيكية الحديثة وتوجد بعض أعماله كمجموعات دائمة في المتاحف العالمية مثل فيكتوريا وألبرت (لندن) ومتحف الفنون والتصميم (نيويورك).

* متتالية فيبوناتشي هي واحدة من أشهر المتتاليات العددية، حدودها الأولى: 1,1,2,3,5,8,13,21,34,55,89



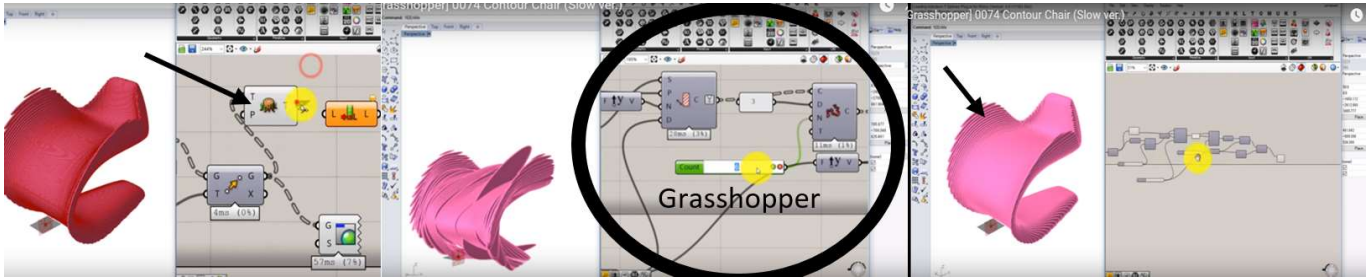
صورة (5) مقعد فييوناتشي الذي يوضح تأثير المصمم بطراز لويس السادس عشر غير أن امكانيات برامج الحاسب الآلي قد حفزت التفكير الابداعي لدى المصمم فياستخدام أمر (Twist) تمكن المصمم من إعطاء إحياء بالحركة السريعة، وأوجد تباين في التكوين الكلي للمقعد وقد استعان المصمم بتكنولوجيا متطورة لتدعيم الجزء الحلزوني المرتكز علي الأرض ليعطي المقعد ثبات واتزان أثناء الجلوس. (brajkovic 2018)

ويقوم Brajkovic بإجراء تعديلات دقيقة ومستمرة على ملف AutoCAD (AYRES 2016) حتى يصل إلى الشكل النهائي. قام بتنفيذ التنجيد المصمم Jean- Francois Lesage (Dordick 2015) كما أن الجزء الحلزوني المرتكز على الأرض تم اختبارماتته عن طريق عمل نموذج أولي للقطعة وقد توصل المصمم من خلال الاختبار إلى الطريقة المثالية اللازمة لتدعيمه وتقويته بواسطة دعائم مبتكرة. (AYRES 2016) وقد كان لقماش للتنجيد دورا رئيسيا في التأكيد على قيمه الحركة الموجودة في القطعة حيث أن التطريز المزين للسطح به تباين في سمك الخطوط ليؤكد التأثير الناتج عن امكانية الشد التي يتيحها أمر (Twists) مما أوجد نوعا من الإيقاع والهيئة الكلية للمقعد توحى بالتباين علي الرغم من وجود احساس بالوحد والترابط بين أجزاء المقعد وهي ناتجة التناغم بين الأجزاء .

3- التصميم بالطبقات (Parametric) وإيقاع رقمي مختلف :

لقد شهدت برامج التصميم تطورات كبيرة مما ساعد على خلق تصميمات أكثر تعقيدا ومن هذه البرامج (المابا Maya والراينو Rhinoceros والجراس هوبر Grasshopper) التي ساعدت المصمم على تنوع التصميمات وتحطيم القيود الكلاسيكية التقليدية وخلقت نوعا من التميز في خطوط قطعه الأثاث مما أوجد علاقات متبادلة بين عناصر التكوين ، وجعل الكتل تبدو ليّنة وانسيابية (إ. عبدالله 2017) وأعطى إيقاع مختلف حين تمكن المصمم من الدمج بين الإيقاع المنظم والإيقاع الحر مما انعكس بشكل ايجابي علي التصميمات وأصبحت قطع الأثاث ذات تكوين بنائي وهيئة شكلية متناغمة.

المثال التالي يوضح خطوات تصميم كرسي مقسم إلى شرائح باستخدام برنامج الراينو يتم عمل مسار-خط يمثل المحيط الخارجي للمقعد- ثم من خلال الراينو نفتح برنامج الجراس هوبر لنقوم بعمل مسطح افتراضي بأمر (loft) ثم يتم عمل تقسيم لهذا المسطح وبالحصول على هيكل خارجي للمقعد كما في صورة (6) توضح تصميم مقعد بواسطه برنامج الراينو والجراس هوبر معا. ثم يتم التحكم في شكل الشرائح عن طريق تحريكها وشدّها وضغطها من خلال نافذة برنامج الجراس هوبر (digital toolbox 2009) كما في صورة (7) توضح كيفية تحريك الشبكة المكونة لهيكل المقعد في نافذة الراينو عن طريق تغير القيم الرقمية في نافذة الجراس هوبر لإعطاء تأثيرات مختلفة. ثم يتم إعطاء المسطح تأثير الخشب كما في صورة (8) عن طريق اختيار خامه الخشب في الجراس هوبر فيظهر ملمس وتأثير الخشب علي مجسم الكرسي، ويمكن اختيار ألوان للتصميم بنفس الطريقة.



صورة (8) ظهور تأثير الخشب في الراينو بعد اختياره في الجراس هوبر (digital toolbox 2009)

صورة (7) تغيير القيم الرقمية في نافذة الجراس هوبر يغير شكل التصميم في الراينو (digital toolbox 2009)

صورة (6) هيكل المقعد في نافذة الراينو بعد تقسيمه إلى شرائح ليتم بعد ذلك التحكم في كل شريحة منفردة (digital toolbox 2009)

مثال 1 مقعد الشرائح العمودية **Vertical slice chair**: صورة (9) من تصميم المصمم ماثياس بنغتسون* (Mathias Bengtsson) سنة 2003م (Hanks 2010، الأبعاد : طوله 65سم ، عرضه 95سم ، ارتفاعه 70سم (متحف الفنون الزخرفية 2017).



صورة (9) مقعد الشرائح العمودية من تصميم المصمم Bengtsson يتضح به قدرة المصمم العالية علي التخيل واعطاء التصميم تكوين ديناميكي متزن وكثرة النتوءات الموجودة بالمقعد توحي بأن المقعد عمل نحتي تشكيلي، قد ساعد المصمم تطور الماكينات والخامات لتنفيذ الفكرة بمهارة وحرفية (bengtsson 2003)

المقعد مصنوع من طبقات الكرتون المموج من الداخل (bengtsson 2003) صورة (10) ويتميز بكثرة النتوءات فعلي الرغم من أنه مصنوع من الورق إلا أن هيئته الشكلية تشبه التكوينات الجيومورفولوجية للصخور صورة(11) .

* Bengtsson (مواليد 1971 في الدنمارك) أعماله أقرب إلى الفنون الجميلة من التصميم الصناعي التقليدي. يدفع Bengtsson الإمكانات النحتية والفنية والفلسفية لديه لعمل تصميمات ثلاثية الأبعاد من خلال العمل مع المواد والعمليات الصناعية المتنوعة. وقد دخلت عدد من أعمال بنغتسون كمجموعات دائمة تعرض في معارض العالم مثل : the Museum of Modern Art, New York, the Contemporary Art Museum Houston, the Montreal Museum of Fine Arts, and Manchester Art Gallery Design Museum, London ,the Rohsska Museum, Gotheberg, and in public galleries such as The Lowry and Northern Gallery for Contemporary Art.



صورة (11) المقعد وهو مقلوب يظهر كمنحوتة مستوحاه من التكوينات الجيومرفولوجية للصخور (bengtsson 2003)



صورة (10) خامه الكرتون المضغوط المصنوع منها المقعد (bengtsson 2003)

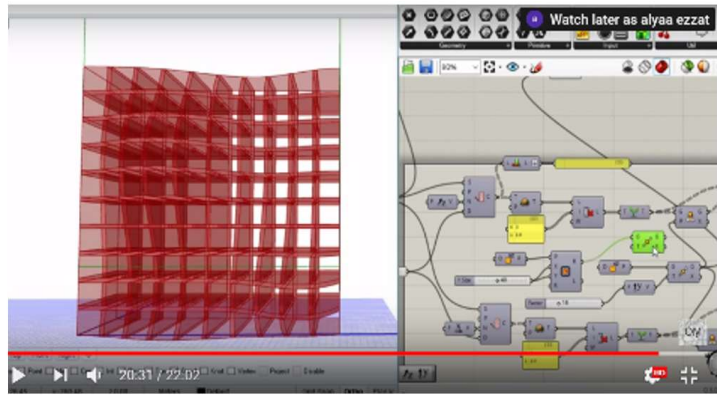
والتكوين الكلي للمقعد يوحي بالحركة لقد بدأ المصمم بعمل الرسوم اليدوية ثم نموذجاً من الطين والذي يلجأ إليه في كثير من الأحيان، ثم يقوم بعد أن يستقر على تصميم نهائي عمل نموذج رقمي باستخدام أحد برامج التصميم لكي يتم تقسيمه إلى شرائح ثم يستعين بماكينات CNC للتوصل إلى الشكل النهائي بدقه وحرفية هائلة . وبعد أسلوب (ماثياس) الذي بدأ غير منطقي مصدر استلهام لكثير من المصممين المعاصرين ممن تأثروا بأسلوبه. لقد اتخذ (ماثياس) اتجاه تفكيري جديد وكسر الحدود الثابتة بين التصميم والصناعة والتكنولوجيا من خلال الجمع بين الأدوات غير التقليدية في إنشاء أعماله. ويقول (ماثياس): "إن كل شيء في وقتنا المعاصر يلهمني ، وخاصة التكنولوجيا وتطورها. " من الأشياء الغير منطقية لدي (ماثياس) أنه يعتبر أخطاء البرمجة فرصة لاستخدام التكنولوجيا في تصميم شيء فريد تماماً. في حين قد ينزعج منها كثير من المصممين ويتخلصوا منها ويعتبرونها غير مرغوبة (segal 2014) وقد تمت إعادة صياغة هذا المقعد بعدد من الخامات المختلف مثل الخشب والألومنيوم والبرونز.

4- التناغم ثلاثي الأبعاد:

التناغم هي قيمه هامه تكسب أي عمل فني قوه وجمال دائم وهو يكون عادة بين أجزاء متنافرة. مثل القوه الموجودة في الخطوط المستقيمة المتعامدة واللبونة والانسيابية الموجودة في الخطوط العضوية، لقد سهلت برامج الحاسب الآلي على المصمم إيجاد علاقة تناغم بين تلك الخطوط من خلال الدمج بينهم في البعد الثالث مثال صورة (12) يظهر بها واجه لبرنامج الراينو والجراس هوبر وكيف أنه يمكن عمل شد لخطوط شبكة متعامدة بطريقة منحنية ولكن في البعد الثالث أما صورة (13) توضح الشكل بعد إعطاؤه لون.



صورة (13) الشبكة المتكونة بعد اعطاءها لون (egvo 2017)



صورة (12) توضح الدمج بين الخطوط العضوية والمستقيمة (egvo 2017)

مثال 1 مقعد شبكي عالي الظهر HIGH GRID: صورة (14) من تصميم المصمم (ماثياس بنغتسون Mathias Bengtsson) سنة 2016م ويبلغ طوله 65سم ، عرضه 95سم ، ارتفاعه 70سم (متحف الفنون الزخرفية 2016): يكون المقعد من شرائح من خشب البلوط مجمعة معا بواسطة عمليات صناعية تقليدية متقنة بواسطة النجار (سورن ريسفانغ Soren Risvang). وتساعد الألياف الطبيعية لخشب البلوط في التأكيد علي الحركة التي تظهر في كل أجزاء المقعد.

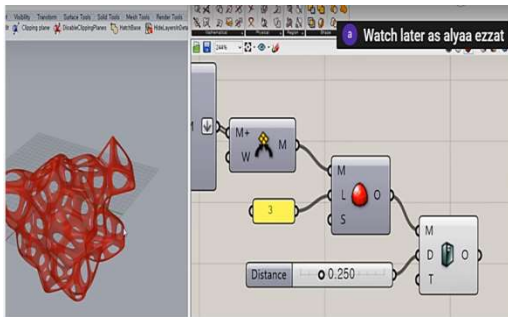
فكرة المقعد تعد تجريد لكروسي العرش العالي الظهر الموجود في الحضارات القديمة (Iskos 2018) إلا أن المصمم استفاد من برامج التصميم في إجراء تعديل تصميمي حيث حول المقعد إلى شبكة هندسية متعامدة في الظهر والجالسة، و لجعل المقعد أكثر راحة وموائمة مع منحنيات جسم الإنسان؛ حيث برزت بعض الأجزاء في الجلسة والظهر في البعد الثالث بطريقة منحنية انسيابية ومتتالية بحيث تصبح مريحة أثناء الجلوس . مما أوجد تباين بين خطوط الشبكة الهندسية والخطوط المنحنية. إلا أن الطريقة المتدرجة التي برزت بها الخطوط المنحنية في الجلسة والظهر ساعدت علي وجود تناغم متوازن وإيقاع منظم.



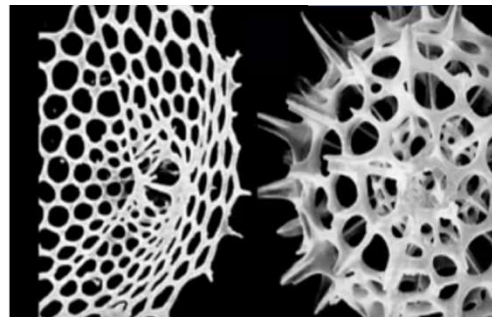
صورة (14) مقعد HIGH GRID من تصميم المصمم Bengtsson يتضح به التناغم في البعد الثالث بين الخطوط المستقيمة والمنحنية في الجلسة والظهر بحيث يصبح المقعد مريحاً أثناء الجلوس . (متحف الفنون الزخرفية 2016)

5- الوحدة بين النمط الفوضوي الخلوي والنمط الرقمي :

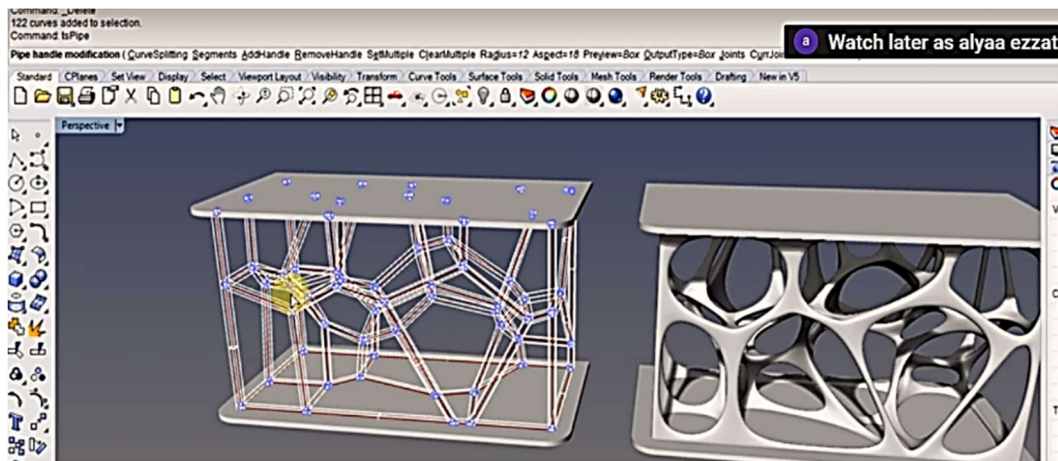
ساعدت تقنيات التصميم والتصوير الرقمي على إيجاد نمط جديد من التصميم يسعى فيه المصمم إلى ربط العالم البيولوجي -بعد رصد مراحل تغيره المتتالية بواسطة تقنيات كاميرات تصوير خاصه لم تكن تلاحظ بالعين المجردة- وبين التصميمات التي يستعين فيها المصمم ببرامج الحاسب الآلي لإظهارها. بحيث يكون التصميم نتيجة لتفاعل تقنيات التصميم والتصنيع الرقمي مع العالم البيولوجي. مما يخلق منظورا مختلفا للكائنات الحية الدقيقة، والانسان، والمنتجات، وحتى المساكن (Oxman 2015): توضح صورة (15) أشكال الخلايا الحية لكائنات دقيقة في الطبيعة كما رصدها الكاميرات الحديثة (Pawlyn 2011) ، صورة (16،17) توضح كيفية الاستعانة ببرامج (2016 Мартиненко) (الراينوس Rhinoceros والجراس هوبر Grasshopper) لعمل تصميمات مستوحاه من التكوينات البيولوجية الفوضوية في الطبيعة: (Kijoon 2014)



صورة (16) تصميمات عضوية بواسطة برامج الراينو والجراس هوبر (2016 Мартиненко)



صورة (15) صورة خلايا حية بواسطة كاميرات حديثة مكبرة يتضح بها النمط الفوضوي الموجود بالخلايا الحية



صورة (17) تصميم منضدة بواسطة برامج الراينو والجراس هوبر الهيكل السفلي لها يشبه الخلايا الحيوية في النمط الفوضوي (Martinenko 2016)

مثال 1: منضدة النمو Growth Table: من تصميم المصمم ماثياس بنغتسون (Mathias Bengtsson) سنة 2014م. صورة (18) ويبلغ طولها 163 سم ، وعرضها 66 سم ، وارتفاعها 76 سم (bengtsson 2014). صنعت المنضدة من خشب الجوز الأمريكي تم تصميمها بمساعدة الحاسب الألي (CAD) تتكون المنضدة من 50 قطعة منحوتة بدقه عالية بواسطة ماكينات ذات 7 محاور (7axis robot) ثم يتم تجميعها معاً بواسطة كاوية (BENGTSSON 2015) كما في الصورة (19) ، (20). وقد قدم بنغتسون بذلك مصادر جديدة من الطبيعة تشجع على الاستلهام والابتكار و تحطيم الحدود الراسخة بين التصميم والحرفية في الصناعة بواسطة التكنولوجيا. (HÖJENBERGMAR 2015) وكانت هذه المنضدة بالنسبة له نقطه البداية لعدد كبير من المناضد والمقاعد التي تحمل اسم مجموعة النمو وقد استخدم عدد من الخامات المختلفة في تنفيذها.



صورة (18) منضدة النمو التي يعتبرها المصمم كبذرة رقمية تمت برمجتها مع حمض نووي (DNA)، ونضجت تلك البذرة في ظل مجموعة من ظروف عشوائياً للأرصاد الجوية، وبالتالي نتج مظهرها العضوي المميز (bengtsson 2014)



صورة (20) توضح تركيب الأجزاء معا باستخدام شرائط بلاستيكية (bengtsson 2014)



صورة (19) قام المصمم بدمج الطرق التقليدية للتجميع لوصل أجزاء المنضدة بالرغم من أن أجزاء المنضدة تم تشكيلها ونحتها بواسطة ماكينات حديثة (bengtsson 2014)

■ أثر الاتجاهات الشكلية اللامنتطقية المستحدثة علي الأثاث المحلي:

الاتجاهات الشكلية اللامنتطقية المستحدثة كتفتيت الشكل، وضغط وشد الشكل، والإيقاع الرقمي الناتج من الدمج بين الإيقاع المنتظم والمتزايد والحر، والتناغم ثلاثي الأبعاد، والوحدة بين النمط الرقمي المنتظم والنمط العضوي الفوضوي. كان لها أثر مباشر على تصميم الأثاث المعاصر عالميا مما أثر أيضا علي الأثاث المحلي ولكن بسبب اختلاف الحالة الاقتصادية والبنية الثقافية للمجتمع ظهر التأثير بشكل مختلف كالتالي:

1-الأثاث محليا وقيود تفتيت الشكل :

تفتيت الشكل قد يؤدي إلى إهدار كم كبير من الخامات مما قد يجعل التكلفة الاقتصادية للقطعة عالية مما قد يقنن حرية المصمم أثناء التصميم أو قد يسعى للمصمم إلى عمل محاولات في التصميم لتقليل الفائض من الخامات . كما في الصورة (21) وحدة أدراج مصنعة محليا يتضح تأثيرها بأسلوب تفتيت الشكل لكن المصمم حاول تقليل هدر الخامات مما أدى إلى تقليل التناغم والإيقاع الحركي الناتج من تفتيت الشكل. الوحدة الزخرفية السداسية التي تظهر في أول درج تم حفرها بواسطة ماكينات رقمية ، لكن اختيار الشكل السداسي مع المربع جعل هناك تنافر قوي بين أجزاء التصميم . كما أن اختيار مقبض الدرج عزز من ذلك الشعور بالتنافر وعدم الوحدة في أجزاء القطعة. وأسلوب تفتيت الشكل هنا يبدو بطريقة مسطحة حيث أنه يظهر في المسقط الوجهي مما يؤكد شعور عدم الوحدة والترابط بين أجزاء التصميم كما أن الحركة في مسقط واحد قد أفقد قطعة الأثاث السمة اللامنتطقية.



صورة (21) وحدة أدراج مصنعة محليا يتضح تأثيرها بأسلوب تفتيت الشكل ولكل الأجزاء المستخدمة لتفتيت الشكل ذات حجم كبير مما أفقد التصميم السمة المستحدثة الناتجة من استخدام وحدات البيكسل في التصميم، كما أن استخدام الوحدة السداسية بالأعلى أفقد التصميم التوازن وخلق نوعا من الثقل في التصميم بالأعلى.

وقد يلجأ المصنع لتقليد قطعة أثاث عالمية مصنعة بالفعل لتجنب الخطأ أثناء التصنيع ولتجنب مواجه السوق بقطع أثاث لا منطقية صورة(22) توضح منضدة محلية الصنع من إنتاج إحدى شركات الأثاث التي قامت بعرضها في (معرض لومارشيه 2018 *) ويتضح بها اتجاه تفتيت الشكل الناتج عن استخدام أسلوب البيكسل تم صناعة سطح المنضدة من مكعبات من الخشب متراصة معا بأسلوب متبادل مما يعطي إيقاع منتظم إلا أن تلك المكعبات الموجودة في احدي زوايا المنضدة تتحرك لأسفل بالتتابع لتتشكل رجل تركز عليها المنضدة ولتأكيد الفكرة تم استخدام لوح من الزجاج لتحقيق اتزان للقطعة مع استغلال شفافية الزجاج للتأكيد على الإيقاع والحركة ولكن هذه القطعة مصممة ومنفذة بالفعل في الخارج صورة(23).



صورة (23) منضد مشابه لها مصنعة بالخارج تشبه المنضدة المصنعة محليا في صورة 22. (kyletoth 2017)



صورة (22) منضدة محلية الصنع قامت إحدى شركات الأثاث بعرضها في (معرض لومارشيه 2018م)

2- الأثاث المحلي والدمج بين أكثر من اتجاه :

التصميم بواسطة الشد يحتاج إلى خبرة عالية في مجال التصميم بواسطة برامج الحاسب الآلي كما يحتاج إلى مهارة حرفية عالية لتنفيذ قطع الأثاث الناتجة، المنضدة التالية صورة(24) يتضح فيها الدمج بين قيمة تفتيت الشكل _ حيث تم تقسيم مسطح الدائرة إلى أجزاء _ وقيمة الشد وإضافة إحساس بالحركة وكأن ثقل قد شد قرصة المنضدة من أعلي إلى أسفل في اتجاه الأرض .

كما ظهرت قيمة التناغم بسبب الشرائح الناتجة من تأثير الشد لأسفل. لكن استخدام المصمم للأرجل ذات الزخارف النباتية قد خلق شعور بعدم التوازن. كما أعطي تكوين بصري غير مترابط. وربما سبب ذلك هوميل بعض المستهلكين في السوق المحلي إلى كثرة الزخارف .



صورة (24) منضدة دائرية يتضح فيها الدمج بين اتجاه تفتيت الشكل واتجاه الشد وإضافة إحساس بالحركة

* لومارشيه_لاكازا : معرض مؤقت يضم أكثر من ٢٠٠ شركة متخصصة في الأثاث والديكور والاكسسوارات تم افتتاحه في الفترة من 19 إلى 22 ابريل سنة 2018 م في مركز مصر للمعارض الدولية - محور المشير التجمع الخامس

3- النمط الفوضوي والأثاث المحلي :

النمط الفوضوي مرتبط بشكل أساسي بالتكنولوجيا الرقمية سواء في الاستلهام أو أثناء التصميم أو حتى التنفيذ لكن كثرة الخطوط العضوية والانحناءات الموجودة في التصميم قد تؤدي إلى إهدار الخامات أثناء التنفيذ كما أن بعض الماكينات المحلية المستخدمة في التنفيذ قد تكون ذات إمكانيات محدودة. صورة (25) دولاب ملابس محلي يتضح به أثر النمط الفوضوي في التصميم . على الرغم من أن الدلفة المتحركة بالمنتصف يوجد بها تشكيل عضوي عبارة عن وحدات مفرغة بواسطة ماكينات رقمية ويتضح بها إيقاع حركات ناتج عن النمط الفوضوي للوحدات الزخرفية وتعد هذه الوحدات تجريدا لشكل خلايا حية تحت المجهر إلا أن الهيئة الكلية للدولاب تبدو جامدة فيبدو الدولاب وكأنه مسطح وجهي تمت زخرفته بوحدة زخرفية عضوية .



صورة (31) دولاب ملابس محلي يتضح به أثر النمط الفوضوي في التصميم إلا أن الاستلهام كان مقيد فهو يظهر من خلال مثلث بالأعلى والأسفل مما جعل الشكل العضوي يظهر من خلال شكل هندسي وهو يعبر عن الصراع لدى المصمم فهو يرغب في مسابقة الاتجاهات العالمية إلا أنه هناك قيود تحد من قدرته على الإبداع.

مما سبق يتضح أن المصمم المحلي تناول الاتجاهات اللامنتطقية كالتالي:

- ادراك الاتجاهات الجديدة اللامنتطقية والتمكن من ابتكار تصميمات مستحدثة متأثرة بالتكنولوجيا الرقمية .
- التقيد وعدم القدرة على إنتاج أثاثا لا منطقي بسبب تكلفة الخامات الجيدة أو نقص وقلة الماكينات الحديثة فكثير من الماكينات المحلية قديمة ومتهالكة أو قلة العمالة الماهرة المدربة على التعامل.
- بعض المصممين قد انجرف نحو تلك الاتجاهات والأساليب اللامنتطقية المستحدثة متناسيا الاتجاهات المنطقية الأساسية مما نتج عنه أثاثا يفتقر لأسس وقواعد شكلية هامة كالنسبة والتناسب والوحدة .
- وعلى الرغم من أن التقنية الرقمية قد تساعد المصمم في ابتكار أثاثا يحمل الهوية المصرية إلا أن كثير من المصممين قد أقتصر فقط على تقليد الأثاث العالمي.

النتائج :

- التكنولوجيا الحديثة عززت مجال الإبداع في تصميم الأثاث عالميا من خلال اكتشاف علاقات جديدة بين الأشياء وذلك أن التطور التكنولوجي في مجالات العلوم قد ساعد المصمم على رؤية الأشياء بطرق لم تشاهد من قبل . كما أن المرونة الموجودة في برامج الحاسب الآلي مكنت المصمم من الإضافة والحذف والدمج بسرعة وسهولة لابتكار أشياء جديدة.
- أضافت التكنولوجيا الحديثة قيم شكلية جديدة للأثاث العالمي مثل تفتيت التكوين الذي هو في مقابل مبدأ الوحدة في القيم الشكلية المنطقية. وخلقت أبعاد أخرى كإضافة بعد رابع داخل التكوين من خلال إعطاء إحياء بالحركة السريعة والبطيئة. كما مكنت المصمم العالمي من استغلال إمكانيات البعد الثالث أفضل من قبل.
- وجود قيود اقتصادية ، وفنية، وتكنولوجية، وثقافية على كثير من الأثاث المحلي مما أدى إلى تقنين التأثير بالتقنيات الرقمية الحديثة .
- أدت رغبة المصمم المحلي الزائدة في استغلال الاتجاهات الشكلية اللامنتطقية إلى التخلي عن الاتجاهات الشكلية المنطقية في بعض الأحيان، مما تسبب في غياب أسس هامة كالتوازن والتناغم والوحدة في بعض قطع الأثاث المحلي وقلل من القيم الجمالية في بعض قطع الأثاث المحلي .

REFERENCES

- [1] BOCA DO LOBO .Piccadilly «Boca do Lobo Showroom «Portugal.2018 .
- [2] adrien segal .http://adriensegalfurniture.blogspot.com.eg/2014/06/biomimicry-furniture-by-mathias.html تحرير . adrien segal .Bio mimicry Furniture by Stockholm designer Mathias Bengtsson.2014 .
- [3] AYRES, CARLY. http://www.core77.com/posts/52851/Sebastian-Brajkovic-Stretches-Twists-and-Extrudes-Furniture-Beyond-Expectations?utm_source=continued_reading Wednesda. 2016.
- [4] David Hanks .The Century of Modern Design,Selections from the Liliane and David M. Stewart Collection .Paris: Flammarion.2010 ،
- [5] digital toolbox .https://www.youtube.com/watch?v=Bn5RDfRQA0w.2009 ,9 23 .
- [6] Dordick, Vera. https://www.homedit.com/stunning-new-modern-decor-pieces. 2015.
- [7] giorgio soldavini .http://www.giorgiosoldavini.eu/uk/londra13.asp.2018 .
- [8] Han Kijoon .국내 라이노 ,그래스호퍼 커뮤니티 .http://cafe.naver.com/digitarchi2014 .,9 20 ،
- [9] HELENA HÖJENBERGMAR " .Växande bord av Mathias Bengtsson ".https://www.designworld.se/bord-som-vaxer-pa-trad-av-mathias-bengtsson.2015 ./
- [10] Iskos " .http://iskos-berlin.dk/high-grid " . /berlin design.2018 .
- [11] JOANNA WERCH TAKES .VIVIAN CHIU MATHEMATICAL SCULPTOR . wood workers journal.2018 .
- [12] John Pile .Furniture: Modern and Postmodern - Design and Technology 2nd Edition Edition .John Wiley & Sons.1990 ،
- [13] kyletoth .https://woodbykyletoth.tumblr.com/post/152313063136/its-all-done-makeitrain-thedustylife/amp.2017 .
- [14] Margaret Rouse .https://whatis.techtarget.com/definition/pixel.2015 .
- [15] mathias bengtsson .http://www.mathiasbengtsson.com.2014 ،
- [16] MATHIAS BENGTSOON " .Growth Table (Walnut) " . http://www.factum-arte.com/pag/748/Growth-Table-Walnut.2015 .
- [17] mathias bengtsson " .http://www.mathiasbengtsson.com.2003 " ./
- [18] Om. egvo .https://www.youtube.com/watch?v=zgN3zh9K5gw.2017 .
- [19] Oxman, Neri. Neri Oxman and Design at the Intersection of Technology Biology «TED Talks. https://www.youtube.com/watch?v=CVa_IzVzUoc , 10 29, 2015.
- [20] Pawlyn, Michael. Using nature's genius in architecture. https://www.youtube.com/watch?v=3QZp6smeSQA, 2011.
- [21] Quantum Atom .An artist theory on the physics of 'Time' as a physical process.2010 .
- [22] sebastian brajkovic .http://www.sebastianbrajkovic.com.2018 ./
- [23] Vivian chiu .web site http://vivianchiudesigns.com/About.2018 .
- [24] Евгений Мартиненко " .Process modeling parametric table. Used soft: Rhinoceros 3D, Grasshopper3D ".TSp lines for Rhinoceros3D . https://www.youtube.com/watch?v=ccxHJjiun9w.2016 ,12 6 ،
- [25] إبراهيم عبدالله. " :العمارة البارامترية (عمارة زها حديد وباتريك شوماخر)." موقع مجلة البناء الإلكتروني، 2017.
- [26] أحمد حافظ رشدان، فتح الباب عبدالحليم. التصميم في الفن التشكيلي. القاهرة، مصر،: عالم الكتب للطباعة والنشر والتوزيع، 2002م.
- [27] إيمان محمد أحمد هاشم. "دور تقنيات التفكير الإبداعي في عملية التصميم الشامل." مجلة العمارة والفنون ، 2018م.
- [28] جلال عزيز فرمان البرقعاوي. التفكير الناقد والابداعي. عمان، الاردن: دار صفاء للنشر والتوزيع، 2012.
- [29] حمزة الجبالي. مبادئ التصميم والديكور
- [30] dq=%D9%85%D8%A8%D8%A7%D8%AF&printsec=frontcover&https://books.google.com.eg/books?id=63JUDwAAQBAJ
- [31] رحاب عبد الفتاح نصير. "رؤية مستقبلية للتصميم الداخلي و الأثاث في ضوء مفاهيم النظرية البارامترية البيئية." مجلة الفنون والعلوم التطبيقية، 2012م.
- [32] ريموند وليمز. الكلمات المفاتيح. ترجمة نعيمان عثمان. الدار البيضاء: المركز الثقافي العربي ، 2007.
- [33] عبد الفتاح رياض. التكوين في الفنون التشكيلية. المجلد الطبعة الثالثة. القاهرة ، 2000م.
- [34] عتاب نبيل سيد أحمد. "المزاوجة بين القيم الفنية والتقنية لفن الخيامة والنسيج اليدوي لاستحداث مشغولات نسجية معاصرة." 2016اص 56 ،
- [35] علي عبدالله. "جماليات الإيقاع في الفن الإسلامي." البلقاء للدراسات والبحوث، 2013.
- [36] قاموس المعاني. https://www.almaany.com/ar/dict/ar-en/pixel. /2018. (تاريخ الوصول 4 4 م، 2018).
- [37] لانا محمد يوسف. التفكير خارج الصندوق من خلال برنامج الكورت. عمان: دار ديونو للطباعة والنشر والتغليف، 2011م.
- [38] متحف الفنون الزخرفية. "https://www.mbam.qc.ca/en/collections/decorative-arts-and-design/#detail-39599" . 2017 .
- [39] متحف الفنون الزخرفية. "https://www.mbam.qc.ca/en/collections/decorative-arts-and-design/#detail-39599" . 2016 .
- [40] محمد حافظ الخولي، محمد أحمد الخولي. التصميم بين الفنون التشكيلية والزخرفية. المجلد الطبعة الأولى. دمياط، مصر: مكتبة نانسي، م، 2007.
- [41] محمد حسن أحمد محمد إمام. "أثر التقنيات الرقمية علي البناء المورفولوجي في تصميم الأثاث." مجلة التصميم الدولية، 2015م، الإصدار العدد 5.
- [42] مدحت محمد ابوالنصر. التفكير الابتكاري والابداعي طريقك الي التميز والنجاح. القاهرة: المجموعة العربية للتدريب والنشر، 2012.
- [43] مراد وهبة. المعجم الفلسفي . القاهرة ، مصر : دار قباء الحديثة للطباعة والنشر والتوزيع، 2007.
- [44] منير فخري صالح ، ليني أسعد عبدالرازق. أسس التصميم. المجلد الطبعة الأولى. عمان: دروب للنشر والتوزيع، 2011م.
- [45] ميادة فهمي حسين. "التصميم الداخلي والوسائط التكنولوجية الحديثة باستخدام الصورة الرقمية." المجلة العربية الدولية للمعلوماتية، 2012م.
- [46] وحدة شكر الحنكاوي. "التناغم اللوني في البيئة الحضرية." المجلة العراقية لهندسة العمارة،
- [47] . (ald=25299&https://www.iasj.net/iasj?func=fulltext) ، 2011 .
- [48] ياسر سهيل. التصميم في مجالات الفنون التطبيقية والعمارة. القاهرة: دار الكتاب الحديث، 2012 م .

ETUDES COMPARATIVES DE L'ACTIVITE PHOTOCATALYTIQUE DE DIFFERENTS MATERIAUX : EFFET DE PARAMETRES PHYSICOCHIMIQUES

[COMPARATIVE STUDIES OF THE PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF DIFFERENT MATERIALS : EFFECT OF PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS]

*Drissa BAMBA¹, Elogne Guessan ZORO¹, Mariame COULIBALY¹, Léon Koffi KONAN², Bini DONGUI³,
and Jonas Yao ANDJI-YAPI², and Didier ROBERT⁴*

¹Laboratoire de Chimie des Eaux (LCE),
Ecole Normale Supérieure d'Abidjan,
08 BP 10 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Chimie des Matériaux Inorganiques (LCMI), UFR SSMT,
Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody-Abidjan,
22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

³Unité de Formation et de Recherche en Environnement,
Université Jean Lorougnon Guédé,
BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

⁴Institut de Chimie et Procédés pour l'Energie, l'Environnement et la Santé (ICPEES),
CNRS Université de Strasbourg, Antenne de Saint-Avold, Université de Lorraine,
rue Victor Démange, 57500 Saint-Avold, France

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Pollution abatement techniques, inexpensive and environmentally friendly, are highly desirable and recommended. That is a reason when heterogeneous photocatalysis using TiO_2 as a semiconductor is of considerable interest. In this study, the performance of 5 materials was evaluated in the photocatalytic degradation of diuron herbicide. The kinetic of disappearance is pseudo-order 1 whatever the material. This photodegradation is very little influenced by the initial pH of the solution; even if the best results are obtained for initial pH between 5 and 8. The presence of ions such as nitrate, sulfate and ammonium ions in the reaction medium causes a slight decrease in the initial rate of disappearance of the pollutant. This is explained by a competitive adsorption between the pollutant and the added ions and / or an oxidation reaction of these ions by the photogenerated oxidative species. A photocatalytic degradation order of the diuron according to the material used has been established. This order would be: TiO_2 P25 > TiO_2 PC500 > Our TiO_2 > Quartzel > Média 1048.

KEYWORDS: Diuron, pollution, photodegradation, TiO_2 , mineral ions, pH.

RÉSUMÉ: Les techniques de réduction de la pollution, peu coûteuses et respectueuses de l'environnement, sont hautement souhaitables et recommandées. C'est pourquoi la photocatalyse hétérogène utilisant le TiO_2 comme semi-conducteur présente un intérêt considérable. Dans cette étude, la performance de 5 matériaux a été évaluée dans la dégradation photocatalytique de l'herbicide diuron. La cinétique de disparition est du pseudo-ordre 1 quel que soit le matériau. Cette photodégradation est très peu influencée par le pH initial de la solution ; même si les meilleurs résultats sont obtenus pour des pH initiaux compris entre 5 et 8. La présence d'ions tels que les ions nitrate, sulfate et ammonium dans le milieu réactionnel entraîne une légère

diminution de la vitesse initiale de disparition du polluant. Cela s'explique par une adsorption compétitive entre le polluant et les ions additionnés ou/et une réaction d'oxydation de ces ions par les espèces oxydantes photogénérées. Un ordre de dégradation photocatalytique du diuron selon le matériau utilisé a été établi. Cet ordre serait : TiO_2 P25 > TiO_2 PC500 > Our TiO_2 > Quartzel > Média 1048.

MOTS-CLEFS: Diuron, pollution, photodégradation, TiO_2 , ions minéraux, pH.

1 INTRODUCTION

L'eau est un élément essentiel à la vie. Elle est en particulier nécessaire à l'homme d'abord pour ses besoins alimentaires, ensuite pour son hygiène et enfin pour ses activités agricoles et industrielles. Il en résulte que de tout temps, l'installation des populations humaines sur la terre s'est faite en fonction des ressources en eau douce. La consommation mondiale de l'eau double tous les 20 ans, ce qui est plus de deux fois le taux de croissance de la population humaine [1]. Pour assurer l'approvisionnement en eau douce, beaucoup d'efforts sont déployés dans l'analyse et le traitement des eaux. Cet approvisionnement nécessite souvent le recyclage des eaux polluées en utilisant des méthodes peu coûteuses et des technologies respectueuses de l'environnement [2]. Cependant, l'attitude de l'homme laisse croire qu'il sous-estime son importance et surestime son abondance surtout en ce qui concerne l'eau potable. C'est pourquoi les recherches visant à mieux connaître la potabilité ou la qualité générale des eaux dont disposent les populations, et à surveiller ou à améliorer l'état de ces ressources sont de plus en plus nombreuses et nécessaires [3], [4], [5], [6].

Pour aider à assurer l'approvisionnement en eau, les eaux polluées, les eaux usées domestiques et surtout industrielles en particulier doivent être régénérées. Les rejets industriels et agricoles sont souvent très chargés en polluants organiques [7], [8], véritable danger pour l'homme et pour l'environnement en raison de leur stabilité et de leur faible biodégradabilité [9], [10]. Tous ces produits de synthèse menacent dangereusement notre planète. Pour faire face à ce problème, de nombreuses méthodes ont été proposées ; parmi lesquelles la photocatalyse hétérogène qui permet de dégrader et dans le meilleur des cas de minéraliser le polluant.

La photocatalyse hétérogène utilisant des semi-conducteurs continue de susciter beaucoup d'intérêt [11], [12]. Le faible coût des catalyseurs, l'utilisation d'énergie renouvelable (lumière du soleil) et la protection de l'environnement rendent cette technologie très attrayante par rapport à d'autres techniques. Le procédé est basé sur la photoactivation de semi-conducteurs, l'efficacité est régie par la capacité de produire des paires électron-trou en plus de la génération des radicaux ($\text{O}_2^{\bullet-}$, $\text{OH}^{\bullet}$). Par conséquent, la sélection de semi-conducteurs adéquats est la clé du contrôle de la réactivité. Le TiO_2 a été le matériau le plus étudié pour de telles applications. Il possède l'activité photocatalytique la plus élevée, qu'il soit utilisé sous forme de poudre ou supporté. Les propriétés physicochimiques du TiO_2 dépendent de manière significative de la phase cristalline (anatase, rutile ou brookite), mais l'anatase s'est avérée supérieure dans la conversion de l'énergie solaire et les applications catalytiques [13].

Des efforts particuliers ont été faits dans la synthèse des nanoparticules de TiO_2 . Ces efforts ont permis de contrôler la taille, la forme et la phase cristalline du semi-conducteur. Les méthodes employées sont très variées. C'est le sol-gel [14], le gel-sol [15] ou les méthodes hydrothermiques [16]. De nombreux catalyseurs aussi bien commerciaux que de synthèse, en poudre ou supportés, ont déjà été l'objet de nombreuses études [16], [17], [18]. Cependant, même si le catalyseur le plus utilisé en laboratoire et peut-être le plus efficace reste le TiO_2 P25, les raisons de cette meilleure activité photocatalytique restent très peu analysées ou identifiées.

L'objectif du présent travail est de comparer l'efficacité photocatalytique du TiO_2 P25, à celle d'autres photocatalyseurs commerciaux. C'est pourquoi, dans un premier temps, nous allons nous intéresser aux propriétés physicochimiques des catalyseurs utilisés, ensuite à leur efficacité dans la dégradation d'un polluant modèle tel que le diuron. Enfin, nous nous attèlerons à établir les effets de certains paramètres sur l'efficacité photocatalytique des photocatalyseurs utilisés.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 PRODUITS UTILISÉS

Le diuron, N-(3,4-dichlorophényl)-N',N'-diméthyl urée, utilisé au cours du présent travail provient de la Compagnie Aldrich. Sa pureté est estimée à 99,5%. C'est un herbicide appartenant à la famille des urées et précisément au sous-groupe

des phénylurées [19]. C'est un produit non ionique se présentant sous la forme d'un solide incolore, inodore et dont la solubilité dans l'eau est très modérée de l'ordre de 42 mg.L^{-1} à 20°C . Il est fortement toxique et persistant [20]. Sa demi-vie est d'environ 300 jours. Cette persistance est nécessaire pour réaliser l'activité herbicide désirée pendant la germination de la graine. Des concentrations relativement élevées de ce polluant ont été notées à travers le monde [21]. Il est beaucoup utilisé en Côte d'Ivoire aussi bien dans l'agriculture que dans l'entretien des voiries.

Cinq types de catalyseurs ont été utilisés pendant cette étude ; quatre types de catalyseurs commerciaux et un catalyseur que nous avons synthétisé au laboratoire. La méthode de préparation a été l'objet de travaux antérieurs publiés [22]. Il s'agit, dans le cas des catalyseurs commerciaux, du TiO_2 P25, du TiO_2 PC500, du papier non tissé enduit de TiO_2 PC500 produit par la société française Ahlström sous la référence *Média 1048* et la fibre Quartzel, non poreuse, amorphe et faite de verre de silice ultra-pur produite par la société Saint Gobain.

Tous les autres produits chimiques utilisés sont de qualité analytique et n'ont subi aucune autre purification complémentaire.

2.2 APPAREILLAGES

Le photoréacteur utilisé est un cristallisateur en Pyrex de 1000 mL. La suspension est agitée par un barreau magnétique. Il est placé dans une chambre solaire de marque ATLAS SUNTEST CPS PLUS simulant le rayonnement naturel. La source lumineuse est une lampe à vapeur xénon dont le spectre d'émission varie entre 300 nm et 800 nm. Le système permet un refroidissement permanent de la lampe.

Les concentrations résiduelles du polluant sont déterminées à l'aide d'un HPLC. L'éluant est composé d'eau et d'acétonitrile dans les proportions 70/30 (V/V). L'eau et l'acétonitrile utilisés sont à usage HPLC. La colonne d'analyse est une colonne greffée C-18 (octadécylsilane) MACHEREY-NAGEL, de longueur 150 mm, de diamètre intérieur 4,60 mm et de diamètre de particules 5 μm . Le débit de l'éluant à l'intérieur de la colonne est de 1 mL.min^{-1} . Le volume d'injection est fixé à 10 μL . La pompe utilisée est une pompe à gradient WATERS 600 pump. Les spectres ultraviolets des produits ont été obtenus à l'aide d'un détecteur à barrettes de photodiodes (Waters 996 Photodiode Array detector) qui permet une acquisition rapide des spectres. Les enregistrements ont été réalisés avec un microprocesseur assisté d'un logiciel EMPOWERS.

2.3 MÉTHODES DE PHOTODÉGRADATION DU POLLUANT

Des solutions de 20 mg.L^{-1} de diuron (soit $85,8 \mu\text{mol.L}^{-1}$) sont introduites dans le photoréacteur. Le volume de la solution est de 1000 mL. Avant irradiation, on ajoute une masse désirée de TiO_2 selon le test et la concentration de TiO_2 souhaités. En ce qui concerne les catalyseurs supportés, ils sont découpés sous forme de disque de rayon 5 cm et placés dans le photoréacteur contenant la solution à traiter.

L'agitation est mise en marche et la première partie de l'expérience est consacrée à l'adsorption des composés en solution à la surface du catalyseur dans l'obscurité. La solution est placée sous agitation dans l'obscurité jusqu'à ce que l'état d'équilibre soit atteint dans le photoréacteur. Dans notre cas, cet état d'équilibre est obtenu en moins de 45 minutes. Cependant, au cours de toutes les expériences réalisées, nous avons attendu une heure. Après une heure à l'obscurité, un échantillon est prélevé. C'est l'instant initial de la cinétique de dégradation photocatalytique. La solution est placée dans la chambre solaire (marque ATLAS SUNTEST CPS PLUS), la lampe est alors allumée et le chronomètre déclenché. Pendant l'irradiation, des échantillons sont prélevés à la seringue, centrifugés (ou filtrés sur filtres Millipore Wattman 0,45 μm) puis analysés au HPLC à la longueur d'onde de 248 nm.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 CARACTÉRISATION DES DIFFÉRENTS PHOTOCATALYSEURS UTILISÉS

Le TiO_2 P 25 est constitué de deux formes cristallines : l'anatase (80%) et le rutile (20%) tandis que le TiO_2 PC 500 n'est constitué que d'anatase. En ce qui concerne le TiO_2 synthétisé il est constitué de 99,4% d'anatase et de 0,6% de brookite. Sa surface spécifique est évaluée à $95 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$. L'ensemble de ces caractéristiques est résumé dans le Tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques physicochimiques des photocatalyseurs en poudre utilisés

Photocatalyseur		TiO ₂ P 25	TiO ₂ PC 500	Our TiO ₂
Surface spécifique (m ² /g)		50	300	95
Taille des particules (nm)		30	10–15	10–17
Largeur des pores (Å)		104	54	75
Phase cristalline	Anatase (%)	80	100	99,4
	Rutile (%)	20	0	0
	Brookite (%)	0	0	0,6

Dans le cas des photocatalyseurs supportés facilement intégrables dans un réacteur photocatalytique, deux types de matériaux ont été utilisés. Il s'agit de la référence "Media 1048" et de la fibre de Quartzel.

La référence "Media 1048" déposé sur un support appelé "média" qui est un papier non tissé développé par la firme papetière Ahlström. Ce média cellulosique fibreux est ensuite enduit de TiO₂ PC 500, lequel est fixé sur le papier selon un procédé propre à Ahlström appelé le *size press*. L'adhésion du TiO₂ à la surface du support papier est assurée par un liant inorganique (SiO₂) mélangé à la suspension de TiO₂ déposé sur le papier. Le "Média 1048" est constitué de 18 g/m² de TiO₂ PC 500 (surface spécifique 300 m²/g), de 2 g/m² de Zéolithe (surface spécifique 2000 m²/g) et de 20 g/m² de liant inorganique. Le TiO₂ représente donc 45% en masse de ce média photocatalytique. Les pertes de charges engendrées par ces supports sont faibles.

Alors que la fibre de Quartzel est faite par Saint Gobain. Elle est homogène, non poreuse, amorphe et faite de verre de silice ultra-pur (99,99% SiO₂). Ce produit a une masse surfacique de 100 g/m² et une surface spécifique de 120 m²/g. La quantité de TiO₂ (TiO₂ PC 500) déposée est de 16 g/m².

3.2 ACTIVITÉS PHOTOCATALYTIQUES

Il est nécessaire de développer des méthodes de traitement efficaces pour éliminer le diuron et ses dérivés de l'eau.

Les variations spectrales UV-vis en fonction du temps pendant la dégradation photocatalytique du diuron en solution aqueuse sont présentées sur la Figure 1. Les spectres d'absorbance du diuron montrent des pics à la longueur d'onde de 248 nm dans la région UV. On observe que le pic diminue avec le temps et disparaît presque après 180 min, synonyme d'une disparition quasi totale du diuron de l'eau.

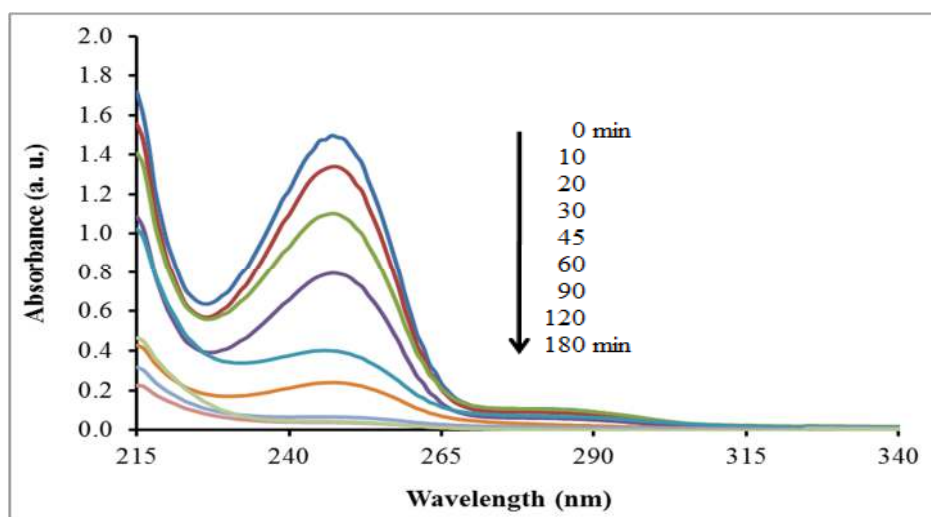


Fig. 1. Spectres d'absorption du diuron pendant sa dégradation par notre TiO₂

La Figure 2 présente les cinétiques de photodégradation du diuron suivant les différents catalyseurs. Les courbes obtenues sont décroissantes, ce qui caractérise une diminution de la quantité du polluant dans le milieu réactionnel. Cette quantité n'est plus mesurable après environ 50 minutes d'irradiation en présence de TiO_2 P25, alors qu'il faut attendre plus de 2 heures pour obtenir le même résultat avec les photocatalyseurs utilisés (TiO_2 PC 500, Média 1048, Quartzel et TiO_2 synthétisé). Le TiO_2 P25 apparaît alors comme plus efficace que le TiO_2 PC 500 qui lui est plus efficace que le TiO_2 synthétisé pour la dégradation du diuron.

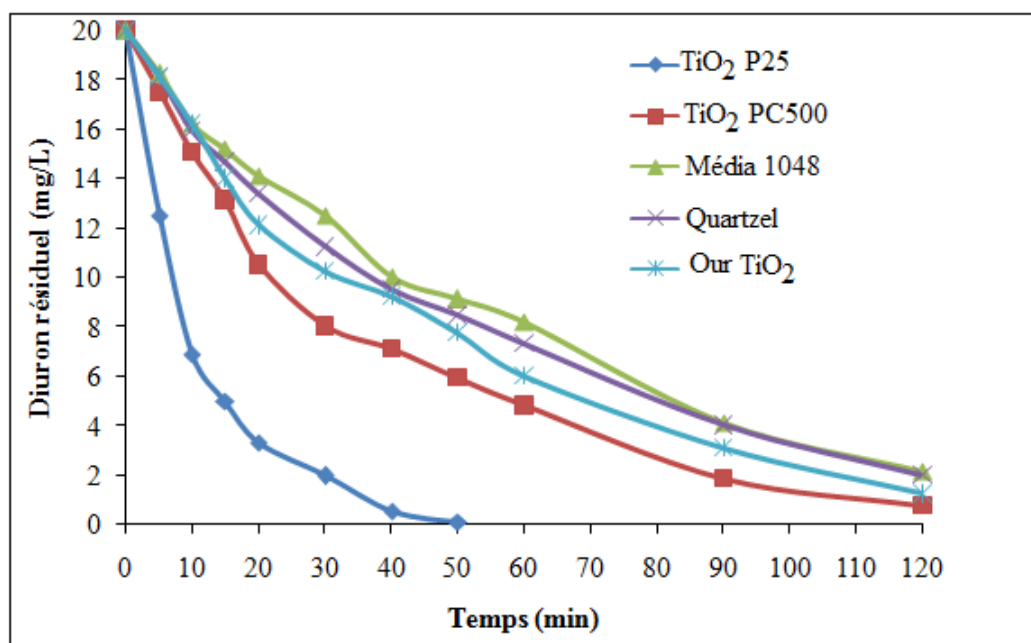


Fig. 2. Cinétiques de photodégradation du diuron en présence de différents TiO_2

Cela pourrait être expliqué par les propriétés physicochimiques des matériaux en poudre présentées dans le Tableau 1. La surface spécifique du TiO_2 P 25 ($50 \text{ m}^2/\text{g}$) est plus petite que celle du TiO_2 PC 500 ($300 \text{ m}^2/\text{g}$) prouvant ainsi que la surface spécifique du catalyseur n'est certainement pas le seul facteur influençant l'activité photocatalytique. En effet, la structure et l'état de surface jouent un rôle fondamental dans l'activité photocatalytique. L'augmentation de la densité des défauts de surface peut également favoriser la recombinaison des paires e^-/h^+ et par conséquent diminuer les performances photocatalytiques. En effet, cette recombinaison ralentit la photodégradation des polluants organiques adsorbés sur la surface du catalyseur.

Selon plusieurs auteurs [23], [24], la vitesse de formation des paires e^-/h^+ sous l'impact des photons dépend de l'intensité de la lumière incidente et des propriétés optiques et physiques du photocatalyseur. La vitesse de diffusion des charges vers la surface du semi-conducteur est déterminante pour la formation des radicaux et donc pour la vitesse de dégradation du polluant. D'autres auteurs [25] ont également reporté une activité plus importante de TiO_2 P 25 que TiO_2 PC 500 lors de la dégradation de l'acétylène. Le TiO_2 P 25 étant une mixture avec 80% d'anatase et 20% de rutile, on pourrait penser qu'il est constitué de trois sortes de particules : (1) anatase pure, (2) rutile pure et (3) insertion d'anatase au niveau d'une couche de rutile. Ce troisième type de particule serait responsable de cette activité photocatalytique, offrant ainsi une jonction entre deux phases cristallographiques dont le niveau de Fermi est sensiblement différent.

Les électrons qui sont produits sous UV sont attirés dans la phase anatase, tandis que les trous positifs ou lacunes sont conduits dans la phase rutile. Ce contact de phase pourrait augmenter la séparation des charges et réduire le taux de recombinaison. Par conséquent, les électrons et les lacunes seraient plus disponibles pour les réactions d'oxydoréduction. En ce qui concerne les TiO_2 supportés, le support Quartzel semble être plus efficace que le support cellulosique.

Cette différence peut s'expliquer par la moindre accessibilité de TiO_2 dans le milieu cellulosique (Média 1048). Dans ce cas, une grande quantité de TiO_2 est contenue dans une matrice de liants inorganiques, qui est due aux processus de revêtement (Figure 3).

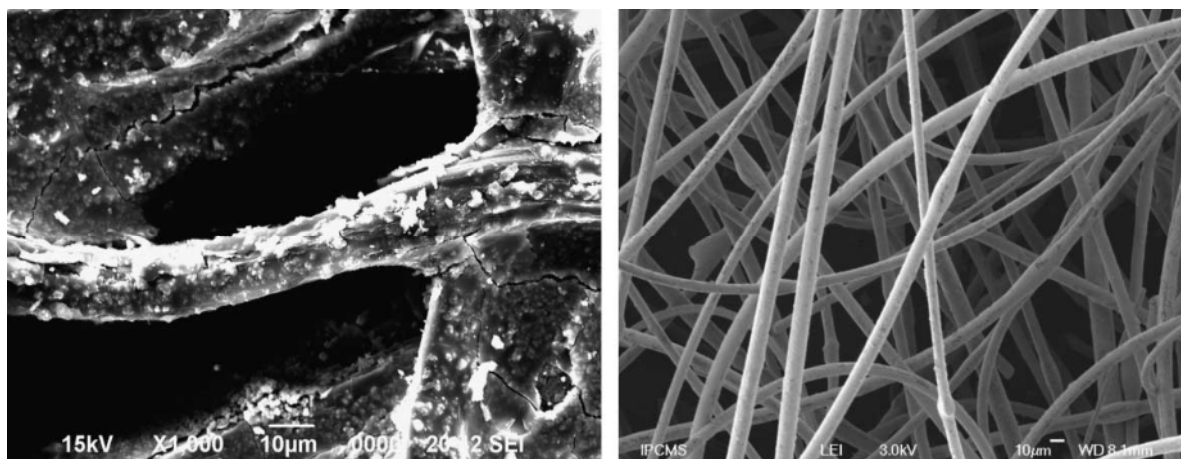


Fig. 3. Micrographies électroniques à balayage du média 1048 (à gauche) et du Quartzel.

Par conséquent, il n'y a pas de contact direct entre le TiO_2 et le diuron. Ce n'est pas le cas pour le support Quartzel car le photocatalyseur est déposé par la méthode sol-gel sur la fibre de quartz et après traitement thermique, les fibres ne sont recouvertes que d'une fine couche ou d'agréats de TiO_2 . En outre, lorsque l'on utilise du papier Ahlstrom, un côté est éclairé et seulement la moitié de la quantité de TiO_2 est activée, alors qu'en raison de la géométrie de la fibre de quartz, une grande quantité de TiO_2 est activée par la lumière U.V.

Tableau 2. Constante apparente et demi-vie de photodégradation du diuron

	$k_{ap} \text{ (min}^{-1}\text{)}$	$T_{1/2} \text{ (min)}$	R^2
TiO_2 P 25	0,095	7,296	0,976
TiO_2 PC 500	0,026	26,660	0,992
Our TiO_2	0,021	33,007	0,988
Média 1048	0,017	40,773	0,988
Quartzel	0,018	38,508	0,994

La diminution quasi-exponentielle du polluant résiduel observée au cours de la photodégradation indique que la cinétique est de pseudo-ordre 1. Les constantes cinétiques de la photodégradation du polluant ont été déterminées à partir de l'équation ci-après :

$$\ln\left(\frac{C_0}{C}\right) = k_{ap} t \quad (\text{Eq.1})$$

où C_0 est la concentration initiale du diuron (mg.L^{-1}), C sa concentration (mg.L^{-1}) au temps t (min) et la k_{ap} constante de photodégradation apparente (min^{-1}).

Ces constantes (k_{ap}) ainsi que la demi-vie ($T_{1/2}$) de photodégradation du diuron sont présentées dans le Tableau 2 avec les coefficients de corrélation qui sont tous sensiblement égaux à 1. Elles sont plus élevées dans le cas du TiO_2 P25. Cela montre davantage que le TiO_2 P25 est le meilleur photocatalyseur.

3.3 EFFET DE PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUES

Dans des études précédentes [26], nous avons étudié l'effet de la quantité du photocatalyseur en poudre, la concentration du polluant à dégrader sur la cinétique de dégradation du diuron aussi bien par le TiO_2 P 25 que par TiO_2 PC 500. Il est fort établi comme pour la plupart des polluants organiques étudiés en photocatalyse hétérogène [27]. [28] que la cinétique suit le modèle de Langmuir–Hinshelwood.

Dans la présente étude, nous nous intéresserons à l'effet des paramètres tels que le pH initial du milieu réactionnel et la présence d'ions minéraux en solution.

3.3.1 EFFET DU PH

Le pH est un paramètre qui conditionne les propriétés superficielles des solides et l'état dans lequel se trouve le polluant à dégrader en fonction de son pKa. C'est aussi un facteur qui caractérise les eaux à traiter. Son effet sur l'activité photocatalytique doit donc être étudié dans le cas d'une eau chargée en polluant. En effet, la dispersion des particules et la charge de surface du catalyseur sont influencées par le pH du mélange. Plusieurs études [29], [30] ont montré que le point de zéro charge ou pH_{pzc} des deux TiO_2 commerciaux utilisés (c'est-à-dire le pH auquel la surface du solide n'est pas chargée) est de 6,3 pour le P25 et 6,8 pour le PC500.

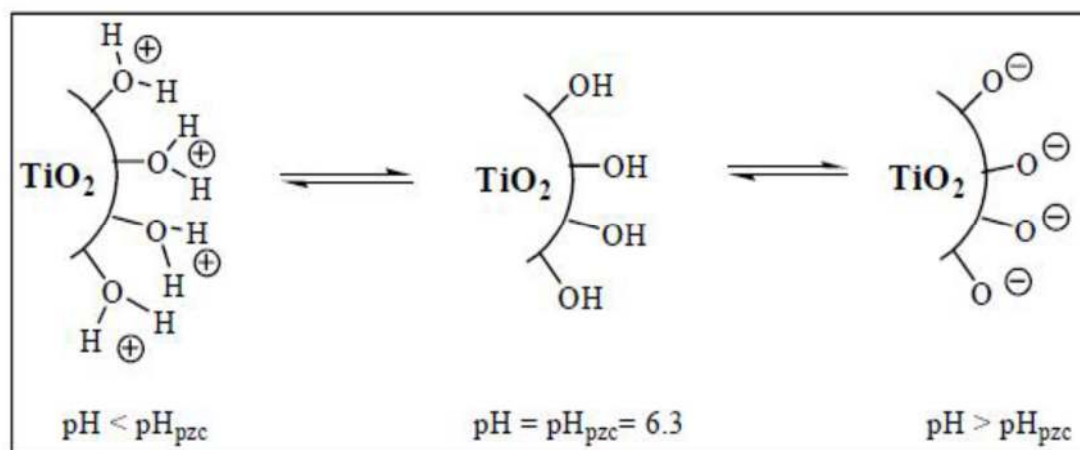
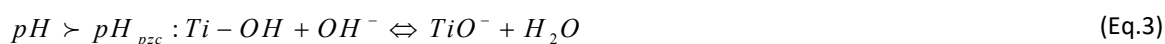


Fig. 4. Modification de la charge de surface du TiO_2 en fonction du pH.

Selon C. Guillard *et al.* [31], en dessous de la valeur du pH_{pzc} , la surface se charge positivement et négativement au-delà de cette valeur suivant les équations 2 et 3.



et



Ces modifications sont résumées selon [32] en ce qui concerne le TiO_2 P 25 dans la Figure 4. L'allure des courbes de photodégradation est identique suivant le pH et quel que soit le catalyseur utilisé. La cinétique est du pseudo-ordre 1. Ainsi les constantes des différentes cinétiques ont été évaluées. Elles sont portées dans le Tableau 3.

Au regard de ces résultats, on peut affirmer que l'efficacité de la dégradation photocatalytique du polluant dépend du pH initial de la solution à irradier. La meilleure activité photocatalytique est obtenue sans modification du pH initial (6,8) de la solution de diuron à irradier (20 mg/L). De façon générale, les meilleures efficacités de dégradation du diuron ont été obtenues aux valeurs de pH initiales comprises entre 5 et 8 (Figure 5).

Tableau 3. Constantes apparentes k (min^{-1}) obtenues suivant le pH initial de la solution

	pH				
	3	5	6,8	8	10
TiO_2 P 25	0,058	0,072	0,095	0,082	0,063
TiO_2 PC 500	0,015	0,024	0,026	0,023	0,017
Our TiO_2	0,013	0,02	0,021	0,018	0,014
Média 1048	0,010	0,016	0,017	0,015	0,008
Quartzel	0,012	0,017	0,018	0,016	0,01

En revanche, des solutions très acides ou très basiques retardent le processus photocatalytique du polluant. Ceci pourrait être dû au fait que le diuron est un composé non ionique et que la meilleure efficacité serait obtenue au pH_{pzc} des catalyseurs qui, de surcroît, est assez proche du pH initial (6,8) de la solution de diuron irradiée (20 mg/L) sans ajout de HCl ou de NaOH.

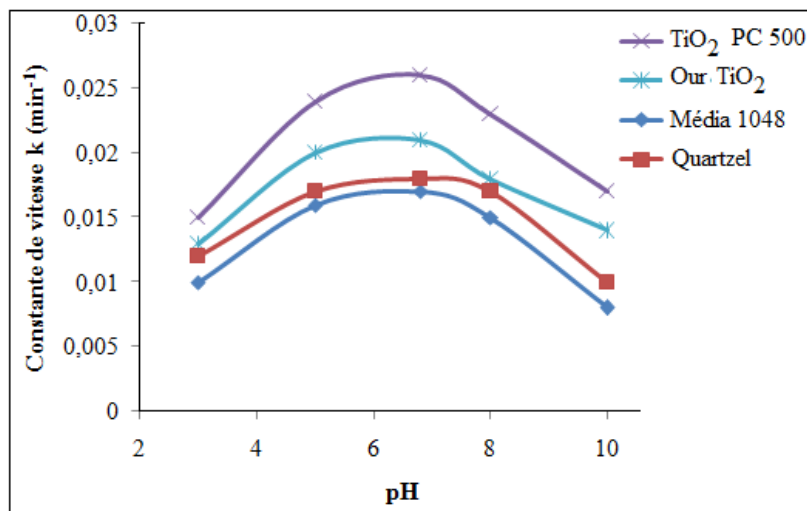


Fig. 5. Effet du pH sur la constante de la cinétique de photodégradation du diuron

La Figure 5 permet par ailleurs d'établir un ordre de dégradation photocatalytique du diuron selon le matériau utilisé. Cet ordre serait :

TiO₂ P 25 > TiO₂ PC 500 > Our TiO₂ > Quartzel > Média 1048.

3.3.2 EFFET D'IONS MINÉRAUX EN SOLUTION

Les eaux, de façon naturelle, contiennent toujours des ions inorganiques. En effet, les analyses physicochimiques des eaux ont souvent révélé la présence des ions nitrate, ammonium, sulfate, etc., avec des teneurs dépendant de la nature de l'effluent, ainsi que du site où sont effectués les prélèvements [33]. C'est pourquoi il nous paraît important d'étudier l'effet de la présence de ces ions sur la cinétique de disparition du polluant. Les concentrations choisies sont celles rencontrées dans les eaux des nappes phréatiques et de surface en Côte d'Ivoire [34].

Les cinétiques de photodégradation ont permis de déterminer les constantes de vitesse. Ces constantes apparentes k (min⁻¹) obtenues suivant les concentrations des ions minéraux sont regroupées dans le Tableau 4.

Tableau 4. Effet de la présence des ions minéraux sur la constantes apparentes k (min⁻¹) de la cinétique de photodégradation du diuron

	Sans ion	NO_3^- (mg.L ⁻¹)		NH_4^+ (mg.L ⁻¹)		SO_4^{2-} (mg.L ⁻¹)	
		20	40	3,4	20	50	100
TiO ₂ P 25	0,095	0,90	0,87	0,93	0,92	0,90	0,88
TiO ₂ PC 500	0,026	0,024	0,023	0,025	0,024	0,021	0,022
Our TiO ₂	0,021	0,019	0,018	0,020	0,020	0,019	0,020
Média 1048	0,017	0,016	0,015	0,017	0,017	0,015	0,015
Quartzel	0,018	0,017	0,016	0,017	0,017	0,016	0,015

De façon globale, on peut relever que la présence d'ions nitrate (NO_3^-), d'ions ammonium (NH_4^+), d'ions sulfate (SO_4^{2-}) a très peu d'influence sur les cinétiques de disparition du diuron dans la gamme de concentration choisie quel que soit

le catalyseur utilisé. En effet, il a été montré que les ions nitrate s'adsorbent faiblement à la surface du dioxyde de titane [32], et ont de ce fait, peu d'incidence sur la photodégradation des polluants.

L'inhibition de la cinétique de disparition du polluant peut s'interpréter en termes de blocage des sites actifs du catalyseur et par la compétition de réaction avec les radicaux oxydants. Les ions réagiraient selon l'équation 4 :



Le cas de l'ion sulfate pourrait être expliqué par deux effets apparemment opposés qui se neutraliseraient presque. Il s'agit de l'adsorption des ions (SO_4^{2-}) à la surface du TiO_2 entraînant le blocage des sites actifs du catalyseur, et qui, par la suite, réagiraient avec les trous-positifs [35] suivant l'équation 5 :



L'effet de l'adsorption resterait plus forte que la formation des radicaux anions $SO_4^{\bullet-}$ quel que soit le catalyseur utilisé.

De façon globale, il convient de relever que la présence d'ions minéraux en occurrence les ions nitrate, ammonium et sulfate ont très peu d'effet sur la photodégradation du diuron. L'empoisonnement de la surface du catalyseur qu'aurait occasionné leur présence est très faible. Leur effet est plus net en présence de TiO_2 P25 qu'en présence des autres photocatalyseurs. Cette différence entre les différents catalyseurs commerciaux pourrait provenir de la morphologie du catalyseur et peut-être des techniques de leur préparation et des impuretés présentes dans ceux-ci.

4 CONCLUSION

La dégradation photocatalytique de l'herbicide diuron avec 5 types de dioxyde de titane a été réalisée. Les résultats montrent que la cinétique de disparition du polluant est d'ordre 1 quel que soit le catalyseur utilisé et suit le modèle de Langmuir-Hinshelwood. La photodégradation du diuron est très peu influencée par le pH initial du milieu. Les meilleurs résultats obtenus pour des pH compris entre 5 et 8 s'expliquent par le fait que ce polluant soit non ionique. De même, la présence d'ions tels que les ions nitrate, sulfate et ammonium a très peu d'influence sur les cinétiques de disparition du diuron dans la gamme de concentration choisie quel que soit le catalyseur utilisé. Cependant, la légère diminution de la vitesse initiale de disparition du polluant pourrait s'expliquer, soit par une adsorption compétitive entre le polluant et les ions additionnés, soit par une réaction d'oxydation de ces ions par les espèces oxydantes photogénérées. Un ordre de dégradation photocatalytique du diuron selon le matériau utilisé a été établi. Cet ordre serait :

TiO_2 P 25 > TiO_2 PC 500 > Our TiO_2 > Quartzel > Média 1048.

RÉFÉRENCES

- [1] S. Anandan, G. J. Lee, P. K. Chen, C. Fan and J. J. Wu, "Removal of orange II dye in water by visible light assisted photocatalytic ozonation using Bi_2O_3 and Au/Bi_2O_3 nanorods", *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 49, no. 20, pp. 9729–9737, 2010.
- [2] S. A. Kazi, H. H. Iqbal, N. Shahid and G. M. Shah, "Removal of reactive dye yellow 145 by adsorption using white quartz", *Bull. Environ. Stud.*, vol. 1, no. 2, pp. 43–47, 2016.
- [3] S. Behmel, M. Damour, R. Ludwig and M. J. Rodriguez, "Water quality monitoring strategies — a review and future perspectives", *Sci. Total Environ.*, vol. 571, pp. 1312–1329, 2016.
- [4] P. Chakraborty, B. Sharma, P. V. R. Babu, K. M. Yao and S. Jaychandran, "Impact of total organic carbon (in sediments) and dissolved organic carbon (in overlying water column) on Hg sequestration by coastal sediments from the central east coast of India", *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 79, no. 1–2, pp. 342–347, 2014.
- [5] T. Debenest, E. Pinelle, M. Coste, J. Silvestre, N. Mazzella, C. Madigou and F. Delmas, "Sensitivity of freshwater periphytic diatoms to agricultural herbicides", *Aquat. Toxicol.*, vol. 93, no. 1, pp. 11–17, 2009.
- [6] S. E. Hale, A. M. P. Oen, G. Cornelissen, M. T. O. Jonker, I. K. Waarum and E. Eek, "The role of passive sampling in monitoring the environmental impacts of produced water discharges from the Norwegian oil and gas industry", *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 111, no. 1–2, pp. 33–40, 2016.
- [7] M. Luan, G. Jing, Y. Piao, D. Liu and L. Jin, "Treatment of refractory organic pollutants in industrial wastewater by wet air oxidation", *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 10, no. 1, pp. S769–S776, 2017.
- [8] Y. Zhou, L. Zhang and Z. Cheng, "Removal of organic pollutants from aqueous solution using agricultural wastes: A review", *Journal of Molecular Liquids*, vol. 212, pp. 739–762, 2015.

- [9] A. K. Jain, V. K. Gupta, A. Bhatnagar and Suhas, "Utilization of industrial waste products as adsorbents for the removal of dyes", *J. Hazard. Mater.*, vol 101, no. 1, pp; 31–42, 2003.
- [10] K. Kadivelu, M. Kavipriya, C. Karthika, M. Radhika, N. Vennilamani and S. Pattabhi, "Utilization of various agricultural wastes for activated carbon preparation and application for the removal of dyes and metal ions from aqueous solutions", *Bioresour. Technol.*, vol. 87, no. 1, pp. 129–132, 2003.
- [11] C. Byrne, G. Subramanian and S. C. Pillai, "Recent advances in photocatalysis for environmental applications", *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 6, no. 3, pp. 3531–3555, 2018.
- [12] V. Likodimos, "Photonic crystal-assisted visible light activated TiO₂ photocatalysis", *Applied catalysis B: Environmental*, vol. 230, pp. 269–303, 2018.
- [13] S. Lacombe, T.-H. Tran-Thi, C. Guillard, J.-M. Hermann, V. Keller-Spitzer, N. Keller, M.-T. Maurette, P. Pichat, T. Pigot, C. Pulgarin, A.-G. Rincon and D. Robert, "La photocatalyse pour l'élimination des polluants", *Actualité chimique*, vol. 308-309, pp. 79–93, 2007.
- [14] W. A. Thompson, C. Perier and M. M. Maroto-Valer, "Systematic study of sol-gel parameters on TiO₂ coating for CO₂ photoreduction", *Applied Catalysis B: Environmental*, vol. 238, pp. 136–146, 2018.
- [15] X. Chen and S. S. Mao, "Synthesis of Titanium Dioxide (TiO₂) Nanomaterials", *J. Nanosci. Nanotechnol.*, vol. 6, no. 4, pp. 906–925, 2006.
- [16] S. Sandeep, K. L. Nagashree, T. Maiyalagan and G. Keerthiga, "Photocatalytic degradation of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid - A comparative study in hydrothermal TiO₂ and commercial TiO₂", *Applied Surface Science*, vol. 449, pp. 371–379, 2018.
- [17] Y. Lan, Y. Lu and Z. Ren, "Mini review on photocatalysis of titanium dioxide nanoparticles and their solar applications", *Nano Energy*, vol. 2, no. 5, pp. 1031–1045, 2013.
- [18] V. G. Bessergenev, M. C. Mateus, A. M. Botelho do Rego, M. Hantusch and E. Burkel, "An improvement of photocatalytic activity of TiO₂ Degussa P 25 powder", *Applied Catalysis A: General*, vol. 500, pp. 40–50, 2015.
- [19] P. Sharma and C. Raman Suri, "Biotransformation and biomonitoring of phenylurea herbicide diuron", *Bioresource Technology*, vol. 102, no. 3, pp. 3119–3125, 2011.
- [20] M. El Madani, C. Guillard, N. Perol, J. M. Chovelon, M. EL azzouzi, A. Zrineh and J.-M. Hermann, "Photocatalytic degradation of diuron in aqueous solution in presence of two industrial titania catalysts, either as suspended powders or deposited on flexible industrial photoresistant papers", *Applied Catalysis B: Environmental*, vol. 65, no. 1–2, pp. 70–76, 2006.
- [21] H. Okamura, T. Watanabe, I. Aoyama and M. Hasobe, "Toxicity evaluation of new antifouling compounds using suspension-cultured fish cells", *Chemosphere*, vol. 46, no. 7, pp. 945–951, 2002.
- [22] D. Bamba, M. Coulibaly, C. I. Fort, C. L. Cotet, Z. Pap, K. Vajda, E. G. Zoro, N. A. Yao, V. Danciu and D. Robert, "Synthesis and characterization of TiO₂/C nanomaterials: Applications in water treatment", *Phys. Status Solidi B*, vol. 252, no. 11, pp. 2503–2511, 2015.
- [23] T. Zhang, T. Oyama, A. Aoshima, H. Hidaka, J. Zhao and N. Serpone, "Photooxidative N-demethylation of methylene blue in aqueous TiO₂ dispersions under UV irradiation", *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, vol. 140, no. 2, pp. 163–172, 2001.
- [24] M. Sleiman, C. Feronato and J.-M. Chovelon, "Photocatalytic degradation of azo dye Metanil Yellow: Optimization and kinetic modeling using a chemometric approach", *Applied Catalysis B: Environmental*, vol. 77, no. 1–2, pp. 1–11, 2007.
- [25] F. Thevenet, O. Guaitella, J.-M. Herrmann, A. Rousseau and C. Guillard, "Photocatalytic degradation of acetylene over various titanium dioxide-based photocatalysts", *Applied Catalysis B: Environmental*, vol. 61, no. 1–2, pp. 58–68, 2005.
- [26] D. Bamba, P. Ateba, D. Robert, A. Trokourey and B. Dongui, "Photocatalytic degradation of the diuron pesticide", *Environ. Chem. Lett.*, vol. 6, no. 3, pp. 163–167, 2008.
- [27] Z. Khuzwayo and E. M. N. Chirwa, "Modelling and simulation of photocatalytic oxidation mechanism of chlorohalogenated substituted phenols in batch systems: Langmuir-Hinshelwood approach", *Journal of Hazardous Materials*, vol. 300, pp. 459–466, 2015.
- [28] A. Yusuf, C. Garlisi and G. Palmisano, "Overview on microfluidic reactors in photocatalysis: Applications of graphene derivatives", *Catalysis Today*, vol. 315, pp. 79–92, 2018.
- [29] S. Para, S. E. Stanca, I. Guasaquillo, K. R. Thampi, "Photocatalytic degradation of atrazine using suspended and supported TiO₂", *Applied Catalysis B: Environmental*, vol. 51, no. 2, pp. 107–116, 2004.
- [30] S. Qourzal, M. Tamimi, A. Assabane and Y. Ait-Ichou, "Influence de certains paramètres physico-chimiques sur la dégradation photocatalytique du β-naphtaol en présence de TiO₂", *Phys. Chem. News*, vol. 14, pp. 85–91, 2003.
- [31] C. Guillard, H. Lachheb, A. Houas, M. Ksibi, E. Elaloui and J.-M. Hermann, "Influence of chemical structure of dyes, of pH and of inorganic salts on their photocatalytic degradation by TiO₂ comparison of the efficiency of powder and supported TiO₂", *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, vol. 158, no. 1, pp. 27–36, 2003.

- [32] S. Alahiane, S. Qourzal, M. El Ouardi, M. Belmouden, A. Assabbane, Y. Ait-Ichou, "Adsorption et photodégradation du colorant indigo carmine en milieu aqueux en présence de $\text{TiO}_2/\text{UV}/\text{O}_2$ ", *J. Mater. Environ. Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 239–250, 2013.
- [33] M. Alimohammadi, N. Latifi, R. Nabizadeh, K. Yaghmaeian, A. H. Mahvi, M. Yousefi, P. Foroohar, S. Hemmati, Z. Heidarinejad, "Determination of nitrate concentration and its risk assessment in bottled water in Iran", *Data in Brief*, vol. 19, pp. 2133–2138, 2018.
- [34] K. S. Konan, K. L. Kouassi, K. I. Kouamé, A. M. Kouassi and D. Gnakri, "Hydrologie et hydrochimie des eaux dans la zone de construction du chenal du pont de pêche de Grand-Lahou, Côte d'Ivoire", *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 7, no. 2, pp. 819–831, 2013.
- [35] S. Qourzal, M. Tamimi, A. Assabane, A. Ait-Ichou, "Influence de certains ions inorganique, de l'éthanol et du peroxyde d'hydrogène sur la photominéralisation du β -naphtol en présence de TiO_2 ", *C. R. Chim.*, vol. 10, no. 12, pp. 1187–1194, 2007.

PREVALENCE DE L'ANEMIE CHEZ LES GESTANTES DE LA VILLE DE KISANGANI EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

[PREGNANT WOMEN'S PREVALENCE OF ANEMIA IN KISANGANI, DEMOCRATIC REPUBLIC OF CONGO]

Likilo Osundja Jeremy¹, Alworonga Opara², Katenga Bosunga¹, and Komanda Likwekwe¹

¹Département de Gynécologie-Obstétrique, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université de Kisangani, Kisangani, RD Congo

²Département de Pédiatrie, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université de Kisangani, Kisangani, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Introduction:* Anemia affects 1.62 billion of people worldwide. Its prevalence remains high in developing countries, estimated at 43% while it is swimming around 9% in developed countries. During pregnancy, anemia is a common health problem all over the world in both developing and developed countries. In this research, our aim has been determine the prevalence of anemia among pregnant women in Kisangani town and the most affected age group. Material and Methods: A cross-sectional, descriptive, multicenter study was conducted in 5 medicals structures in Kisangani town from November 15, 2016 to November 14, 2017. We diagnosed 840 cases of anemia among 1102 selected pregnant women. *Results:* The prevalence of anemia in pregnant women in Kisangani was 76.2%. Pregnant women of less than 20 years old were 84%. *Conclusion:* Anemia during pregnancy remains a reality in obstetric practice among the population of youth pregnant in Kisangani town.

KEYWORDS: Anemia, Pregnant women, Prevalence, Age.

RESUME: *Introduction:* L'anémie affecte 1,62 milliard de personnes dans le monde. Sa prévalence demeure élevée dans les pays en voie de développement, estimée à 43% tandis qu'elle nage autour de 9% dans les pays développés. L'anémie pendant la grossesse est un problème commun de santé partout dans le monde tant dans les pays en voie de développement que ceux développés. Dans cette recherche, notre objectif a été de déterminer la prévalence de l'anémie chez les gestantes de la ville de Kisangani et la tranche d'âge la plus touchée.

Matériel et méthodes: Une étude transversale à visée descriptive et multicentrique s'était déroulée dans 5 structures médicales de la ville de Kisangani du 15 Novembre 2016 au 14 Novembre 2017. Nous avons diagnostiqué 840 cas d'anémie sur 1102 femmes enceintes sélectionnées.

Résultats: La prévalence de l'anémie chez les gestantes à Kisangani était de 76,2 %. Les gestantes âgées de moins de 20 ans étaient à 84%

Conclusion: L'Anémie au cours de la grossesse demeure une réalité dans la pratique obstétricale au sein de la population des jeunes gestantes de la ville de Kisangani.

MOTS-CLEFS: Anémie, Gestante, Prévalence, Age.

1 INTRODUCTION

L'anémie est une diminution au-dessous des valeurs normales de la concentration en hémoglobine dans le sang circulant, par déperdition ou destruction des érythrocytes ou encore par perturbation de leur formation d'origine diverse. Au cours de la grossesse, on ne peut parler de l'anémie que lorsque le taux de l'hémoglobine est inférieur aux différentes valeurs seuils fixées en fonction de l'âge gestationnel dont 11g/dl au premier et troisième trimestre de la grossesse et 10,5g/dl au troisième trimestre [1].

Globalement l'anémie affecte 1,62 milliard de personnes dans le monde. Sa prévalence demeure élevée dans les pays en voie de développement, estimée à 43% tandis qu'elle nage autour de 9% dans les pays développés. Elle contribue à plus de 115.000 cas de décès maternels et 591.000 cas de morts périnatales par années dans le monde [2].

L'organisation mondiale de la santé considère l'anémie comme un problème de santé publique sévère. D'après les estimations des Nations-Unies, près de la moitié de gestantes dans le monde souffriraient de l'anémie [3].

La prévalence mondiale de l'anémie chez les femmes enceintes est de 41,8%. Cette prévalence excède 50% pour les gestantes d'origine africaine, 40% et plus chez les asiatiques, et 30% chez les gestantes originaires d'Amérique latine et Océanie. Cette prévalence est de plus en plus basse chez les gestantes européennes (18,7%) et nord-américaines (6%) [4].

L'anémie pendant la grossesse est un problème commun de santé partout dans le monde tant dans les pays en voie de développement que ceux développés. Non élucidé, non prise en charge comme il se doit, l'anémie perturbe le bon déroulement d'une grossesse, et peut entraîner des avortements, les accouchements prématurés. Elle peut être à la base d'une fatigue (asthénie) intense chez la gestante ne permettant pas un bon déroulement du travail d'accouchement et une bonne tolérance aux hémorragies minimales survenant en per-partum [5].

Les études, peu nombreuses, réalisées dans les pays en voie de développement sur l'anémie au cours de la grossesse révèlent une forte prévalence, jusqu'à plus de 50%, avec un taux d'hémoglobine inférieur à 11g/dl. La prévalence est d'autant plus forte que l'âge de la grossesse est avancé [6].

En Afrique, l'anémie toucherait 45 millions d'enfants de moins de 5 ans, 58 millions de femmes en âge de procréer et 11 millions de femmes enceintes [7]. Selon les évaluations de l'OMS en Afrique, la prévalence de l'anémie chez les gestantes est estimée à 66,8%. En Ethiopie, l'anémie est un problème sévère de santé publique et affecte jusqu'à 62,7% des femmes enceintes [8].

Les données épidémiologiques sur l'anémie chez les femmes enceintes sont peu nombreuses en république démocratique du Congo. Faisant partie des pays en voie de développement aux conditions socio-économiques et sanitaires précaires, la R.D.Congo serait également incluse du lot de pays où l'anémie fait partie des problèmes majeurs de santé publique. A Lubumbashi, la prévalence de l'anémie chez les gestantes et les nourrices varie entre 50 et 80% [9], tandis que dans la ville province de Kinshasa, cette prévalence est au tour de 53,4% [10]. Dans la ville de Kisangani en particulier, nous n'avons pas pu accéder à ces données ou à des publications y relatives. C'est pourquoi, nous nous sommes posés la question de savoir quelle est la prévalence de l'anémie chez les gestantes de Kisangani ?

OBJECTIFS

- Déterminer la prévalence de l'anémie chez les gestantes de la ville de Kisangani;
- Déterminer la tranche d'âge de gestante la plus affectée par l'anémie au cours de la grossesse dans notre milieu.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL D'ETUDE

POPULATION D'ETUDE

La population d'étude était constituée de toutes les gestantes ayant consulté pour Consultation prénatale et autres motifs au Premier trimestre de la grossesse, et ayant accouché au sein de différents services de Gynéco-Obstétrique des Institutions Sanitaires retenues de la Ville de Kisangani, du 15 Novembre 2016 au 14 Novembre 2017. Les gestantes qui ont suivi les CPN à partir du premier trimestre jusqu'à la fin de la grossesse et chez qui au moins 3 prélèvements sanguins ont été réalisés (au premier, deuxième, troisième trimestres de la grossesse) ont été éligibles pour cette recherche.

Durant la période d'étude, 1513 gestantes ont été sélectionnées et 1102 ont rempli les critères d'éligibilité. Les structures médicales suivantes ont été retenues à cause de leur forte fréquentation par les gestantes et parturientes : Hôpital Général de Référence Makiso/Kisangani, Hôpital Général de Référence de Kabondo, Hôpital Général de Référence de Lubunga, Centre de Santé de Référence Saint Joseph et Centre de santé de référence Marie reine de la paix de Matete.

ECHANTILLONNAGE ET TAILLE DE L'ECHANTILLON

Nous avons utilisé un Echantillonnage non probabiliste de convenance. Dans la présente étude, la taille de l'échantillon est de $n \geq 384,16$. Notre échantillon était constitué de 1102 gestantes.

2.2 TYPE D'ETUDE

Etude transversale à visée descriptive et multicentrique.

TECHNIQUE DE COLLECTE DES DONNEES

La collecte des données était prospective. Durant la période allant du 15 Novembre 2016 au 14 Novembre 2017, nous avons suivi l'ensemble des gestantes incluses dans notre recherche (celles qui étaient anémique et non anémique tout au long de la grossesse) afin de relever la prévalence et d'autres aspects épidémiologiques.

Le recueil des données a été réalisé à la même période de suivi. Pour collecter nos données, nous avons utilisé les Fiches préétablies de collecte des données, les fiches de CPN, les tubes vacutener avec et sans anticoagulant. Les gestantes sélectionnées ont été vues 4 fois pendant la recherche (Premier, Deuxième, Troisième Trimestre de la grossesse et pendant l'accouchement).

L'Équipe d'enquête était constituée de 17 personnes dont 2 infirmières A_1 et un médecin (par structure médicale), au total on a eu 5 infirmières, 5 infirmiers laborantin et 5 médecins, le laborantin superviseur des analyses et l'enquêteur principal. Ces enquêteurs ont suivi des séances d'entretien et d'entraînement dans le but de standardiser la procédure d'interview de collecte des données.

Un(e) infirmier(e) était chargé(e) de la sensibilisation et l'interview. Le deuxième infirmier (laborantin) chargé du prélèvement sanguin.

Le médecin était chargé de la vérification des éléments cliniques.

Les gestantes ont reçu des explications sur le but de l'étude et ont donné leur consentement verbal.

Les fiches de collecte des données étaient codées et revues chaque jour pour la vérification de leur complétude et leur cohérence. En cas d'incomplétude ou d'incohérence, les renseignements manquants étaient complétés lors de la CPN suivante.

A. Prélèvement sanguin : sang veineux qui sera transporté dans 2 tubes différents : l'un sans anticoagulant pour les examens biochimiques et l'autre avec EDTA pour l'héogramme.

B. Laboratoire d'analyse

- Laboratoire provincial de santé publique (Faculté de médecine UNIKIS) ;
- Le dosage de l'hémoglobine était fait à l'Hémoglobinomètre du modèle HemoCue 301+

Les anémies physiologiques de la grossesse ont été éliminées après confrontation du taux de l'Hémoglobine, du Fer sérique, de la Ferritine et l'âge gestationnel.

2.3 ANALYSES STATISTIQUES

Les informations recueillies ont été encodées et analysées au moyen du logiciel SPSS version 20.0.

Les calculs statistiques que nous avons utilisés pour présenter les résultats :

Pour la Description de l'échantillon: le calcul de la fréquence et du pourcentage; les moyennes et leurs déviations standards; la médiane et les domaines de variations.

2.4 CONSIDERATIONS ETHIQUES

Cette recherche ne présente aucune nuisance au bien-être maternel et fœtal. Elle ne présente aucune conséquence ni de près ni de loin à la santé de tous les participants. Elle facilitera à la longue une bonne prise en charge de gestante avec anémie dans nos milieux. Du moins toutes les gestantes ont données leur consentement verbal après une séance d'explication sur l'étude en détail par l'équipe de recherche avant toute collecte des données.

3 RESULTATS

3.1 PRÉVALENCE DE L'ANÉMIE CHEZ LES GESTANTES

Sur un total de 1102 gestantes enregistrés, 840 ont été anémiques. La prévalence de l'anémie chez les gestantes de Kisangani était de 76,2 %.

3.2 PREVALENCE DE L'ANEMIE PAR STRUCTURE SANITAIRE

Le tableau I nous présente les prévalences de l'anémie chez les gestantes en fonction de leur structure sanitaire

Tableau 1. Prévalence de l'anémie chez les gestantes par structure médicale

Structure médicale	Effectif general	Gestante Anémique	
		effectif	%
CSR MATETE	313	240	76,67
HGR LUBUNGA	304	237	77,96
HGR KABONDO	273	216	79,12
HGR MAKISO	121	91	75,20
CSR Saint Joseph	91	56	61,53
Total	1102	840	76,22

La prévalence de l'anémie varie d'une structure sanitaire à l'autre. L'HGR de Kabondo vient en tête avec 79,12% et le CSR Saint Joseph en dernier lieu avec 61,53%.

3.3 AGE

Le tableau II présente les gestantes en fonction de leur âge.

Tableau 2. Répartition des gestantes en fonction de leurs âges

Tranche d'âge	Effectif général	Gestante anémique		X ²	OR	p-value	IC
		Effectif	%				
< 20	307	259	84	14,58	0,26	0,00	[1,37 ; 2,73]
20-24	262	207	79	1,46	1,23	0,22	[0,87 ; 1,72]
25-29	292	210	71,9	4,06	0,73	0,04	[0,53 ; 0,99]
30-34	158	116	73	1,09	0,81	0,29	[0,55 ; 1,19]
≥ 35	82	48	58,5	14,63	0,41	0,00	[0,26 ; 0,65]
Total	1102	840					

Les gestantes anémiques âgées de moins de 20 ans sont à 84%, et celles de 20 à 24 sont 79%. La moyenne d'âge de la population est de 25±6,4 ans.

4 DISCUSSION

4.1 PRÉVALENCE DE L'ANÉMIE CHEZ LES GESTANTES DE LA VILLE DE KISANGANI

La Prévalence de l'anémie chez les gestantes de Kisangani est à 76,2 %.

Il y a deux ans, Tandu Umba et Muela M A [10] ont trouvé une prévalence de l'anémie au cours de la grossesse à Kinshasa de 53,2 %, et il y a treize ans, Kalenga [9] à Lubumbashi au sud-est de la RD Congo a cerné une prévalence de l'anémie chez les femmes enceintes et allaitantes variant entre 50- 80%. Là ,nous notons de variation de prévalence au sein d'un même pays tout en restant dans la marge observé par l'organisation mondiale de la santé où on remarque une forte prévalence de l'anémie au cours de la grossesse excédant à plus de 50%.

Vu le contexte socio-économique et sanitaire qui laisse à désirer en République Démocratique du Congo, nous pensons que plusieurs facteurs concourent à l'ascension de la prévalence de l'anémie chez les gestantes dans nos milieux.

Notre prévalence est supérieure à celles observées par Mulambalah Chrispinus et al. [11] à Kakamega county au Kenya, 38,75%, Tunkyu K et Moodley J [12] en Afrique du sud, 42,7% et Msuya SE et al [13] en Tanzanie, 47,4 %

Nos résultats sont proches et se situent le groupe de prévalence à plus de 50 % telles que celles trouvées par Prashant D et al [14] 72,75% au Karnataka en Inde, Kanyesigye Hamson MD et al [15] 62,82 % en Uganda, et Van den Broek et al.[16] 58,1 % au Malawi.

Malgré les oscillations de prévalence de l'anémie au cours de la grossesse d'un pays à l'autre, et d'une région à une autre, nous sommes d'accord avec les affirmations de Caroline Morin disant que l'anémie au cours de la grossesse reste un problème commun de santé publique partout dans le monde, et sa prévalence est élevée et reste inquiétante dans les pays en développement [5].

4.2 AGE DES GESTANTES

Les gestantes âgées de moins de 20 ans étaient majoritaires et 84 % d'entre elles étaient anémiques. La moyenne d'âge des gestantes était de $25 \pm 6,4$ ans.

Nos résultats sont similaires ou proches de ces auteurs Tunkyu K et Moodley J [12] en Afrique du sud, moyennes d'âge de $27,6 \pm 7,6$ ans ; Mulugeta Melku et al [17], $26,47 \pm 5,24$ ans et Nwizu EN et al [18] , $26,6 \pm 1,51$ ans.

Néanmoins, Nwizu EN et al [18] ont trouvé plus des gestantes âgées de 25-29 ans soit 41,7% que nous.

Pour la plupart des cas, l'anémie chez les gestantes se retrouve plus chez les gestantes jeunes âgées de moins de 20 ans le plus souvent, et parfois celles qui ont moins de 30 ans. Cela serait dû à la forte demande en nutriments pour un organisme en croissance qui entre en compétition avec un état gravide créant ainsi un déséquilibre s'il n'existait pas avant, au niveau de l'érythropoïèse avec déficit en Hémoglobine favorable à la survenue de l'anémie.

5 CONCLUSION

L'anémie chez les gestantes est une réalité dans la pratique médicale dans nos milieux. Sa prévalence s'est élevée à 76,2%. Les gestantes jeunes âgées de moins de 20 ans sont plus touchées que celle d'autres tranches d'âge.

REFERENCES

- [1] Soubirou Jean-François. Développement et validation d'un score prédictif de l'anémie du post-partum dans une maternité de niveau III c. Académie de PARIS, Mémoire 2012, p 6,7,8.
- [2] Abrehet Abriha, Melkie Edris Yesufand, Molla Mesele Wassie. Prevalence and associated factors of anemia among pregnant women of Mekelle town: a cross sectional study. *BMC Research Notes* 2014, 7: 888.
- [3] Leyla Karaoglu et al., The prevalence of nutritional anemia in pregnancy in the east Anatolian province, Turkey. *BMC Public Health* 2010, 10: 329.
- [4] Theresa O Scholl. Maternal Iron Status: relation to fetal growth, length of gestation and the neonate's iron endowment. *Nutr Rev* 2011 November ; 69 (suppl 1) : S23 – S29.
- [5] Caroline Morin. Besoins nutritionnels et malaises courants de la grossesse. *Québec Pharmacie*, Vol 53, n°9, Octobre 2006.
- [6] Demmouche A., S. Moulessehouli. Anémie maternelle pendant la grossesse et la supplémentation en fer. 2011, *Antropo*, 24, 21 – 30. www.didac.ehu.es/antropo.le 23 Décembre 2015 à 12h30.
- [7] Ngnie Teta Ismaël, Barthélemy Kuate Defo, Olivier Receveur . Déterminants contextuels de l'anémie maternelle et infantile au Bénin et au Mali. Mise à contribution des enquêtes démographiques et de santé et de la modélisation multiniveaux dans l'épidémiologie nutritionnelle. Université de Montréal, 2013.

- [8] Niguse Obse, Andnalem Mossie and Teshome Gobena. Magnitude of anemia and associated risk factors among pregnant women attending antenatal care in SHALLA WOREDA, West ARSI ZONE, OROMIA REGION, ETHIOPIA, *Ethiop J HealthSci*. Vol 23, n°2 July 2013.
- [9] Kalenga M K, M-K. Nyembo, M. Nshimba, J-M Foidart. Etude de l'anémie chez les femmes enceintes et les femmes allaitantes de Lubumbashi (République démocratique du Congo), Masson Paris 2003. *J Gynecol Obstét Biol Reprod* 2003 ; 32 : 647-653.
- [10] Tandulamba Barthélemy and Muela Mbangama Andy. Association of maternal anemia with other risk factors in occurrence of Great obstetrical syndrome at University clinics, Kinshasa, DR Congo. *BMC Pregnancy and Child birth* (2015) 15:183
- [11] Mulambalah Chrispinus Siteti et al. Anemia in pregnancy and possible risk factors in Kakamega county, Kenya. *Science journal of Public Health* 2014 ; 2(3) : 216-222.
- [12] K. Tunkyi and J. Moodley. Prevalence of anaemia in pregnancy in a regional health facility in South Africa. *S. Afr Med J* 2016; 106(1): 101-104.
- [13] Msuya SE, Hussein TH, Urlyo J and al. Anemia among pregnant women in northern Tanzania : Prevalence, Risk factors and effect on perinatal outcomes. *Tanzan J Health Res* 2011 ; 13(1) : 33-39.
- [14] Prashant D, Jaideep KC, Girija A, Mallapur MD. Prevalence of anemia among pregnant women attending antenatal clinics in rural field practice area of Jawaharlal Nebru Medical college, Belagavi, Karnataka, India. *Int J community Med Public Health*. 2017 Feb; 4(2) : 537-541.
- [15] Kanyesigye Hamson MD, Ngonzi J. MD, Mugisha Julius MD, Byaruhanga E MD, Mayanja Ronald MD. Prevalence, Morphological type and factors associated with Anemia among Mothers Attending Antenatal Clinic at Mbarara Regional Referral Hospital, South Western Uganda. *Journal of Health, Medicine and Nursing* 2016. Vol 25: 115-121.
- [16] Van den Broek NR, C. Ntonya ; E. Mhango and S.A. White. Diagnosing anaemia in pregnancy in rural clinics assessing the potential of the haemoglobin colour scale. *Bulletin of the world Health organization*, 1999, 77 (1).
- [17] Mulugeta Melku, Zelalem Addis, Meseret Alem, and Bamlaku Enawgaw. Prevalence and Predictors of Maternal Anemia during pregnancy in Gondar, Northwest Ethiopia : An institutional Based Cross-sectional Study. Hindaw : *Publishing Corporation Anemia* volume 2014, Article ID 108593, 9 page.
- [18] Nwizu EN, Iliyasu Z, Ibrahim SA and Galadanci HS. Socio-Demographic and Maternal factors in Anaemia in pregnancy at Booking in Kano, Northern Nigeria. *African journal of Reproductive Health* December 2011; 15(4) : 33-41

Durabilité et Gestion Concertée au Parc National de la Lomami (RDC): Perception des Communautés Locales

[Sustainability and Concerted Management in Lomami National Park (DRC): Perception of Local Communities]

Bongeli Yeikelo ya'ato Aimé, Lombeya Boinda King, Bauma Baelongandi Yves, and Lisalu Bofando François

Université de Kisangani, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In Congo-Kinshasa, the mode of creation and management of national parks inherited from the colonial period did not produce convincing results. This "top-down policy" of establishing the authority of the central state and the administration over land and renewable resources by excluding rural populations to limit human degradation by creating a network of protected areas and classified forests has shown its limits. Therefore, we observe the emergence within local communities practices of a "politics from below". This strategy of negating conventional environmental policies is likely to undermine sustainability in Lomami National Park. By placing local communities at the center of the park in their area, "concerted management" thus appears as an intermediary approach that can guarantee the interests of the various actors.

KEYWORDS: Environmental Governance, Sustainability, Concerted Management, Politics from above, Politics from below, Local Communities, Lomami National Park, Democratic Republic of Congo.

RÉSUMÉ: Au Congo-Kinshasa, le mode de création et de gestion des parcs nationaux hérité de la période coloniale n'a pas produit des résultats probants. Cette « politique par le haut » qui consistait à instaurer l'autorité de l'Etat central et de l'administration sur les terres et sur les ressources renouvelables en excluant les populations rurales pour limiter les dégradations anthropiques en créant un réseau d'aires protégées et de forêts classées a montré ses limites. Dès lors, on observe l'émergence au sein des communautés locales des pratiques relevant d'une « politique par le bas ». Cette stratégie de négation des politiques environnementales classiques est susceptible d'hypothéquer la durabilité au Parc National de la Lomami. En plaçant les communautés locales au centre du parc implanté dans leur milieu, « la gestion concertée » apparaît donc comme une approche intermédiaire pouvant garantir les intérêts des différents acteurs.

MOTS-CLEFS: Gouvernance Environnementale, Durabilité, Gestion concertée, Politique par le haut, Politique par le bas, Communautés locales, Parc National de la Lomami, République Démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

La nécessité d'augmenter la superficie des aires protégées en République Démocratique du Congo a conduit le gouvernement congolais à procéder à l'érection d'un nouvel aménagement forestier¹ appelé Parc National de la Lomami.

¹Selon le code forestier de la RDC promulgué en 2002, l'aménagement forestier est l'ensemble des opérations visant à définir les mesures d'ordre technique, économique, juridique et administratif de gestion des forêts en vue de les pérenniser et d'en tirer le maximum de profit.

Les parcs nationaux institués pour la plupart en République Démocratique du Congo pendant l'époque coloniale et la deuxième République, sont confrontés à plusieurs problèmes, notamment celui de concilier la conservation de la nature et le bien-être des communautés locales².

Les contextes politique et scientifique de l'époque ne permettaient pas d'intégrer suffisamment la dimension humaine dans la conservation de la nature. Les dirigeants politiques tant sur le plan national qu'international, accordent depuis ces trois dernières décennies une attention particulière aux questions liées à la gouvernance environnementale.

L'Etat post colonial doit composer avec tous les acteurs concernés par la gestion des ressources naturelles, c'est-à-dire négocié avec l'ensemble de la société au premier rang de laquelle figurent³ les communautés locales.

L'objectif poursuivi dans la présente étude est d'analyser les voies et moyens qui peuvent amener les pouvoirs publics congolais à éviter la désintégration du PNL. La durabilité de cet aménagement forestier passe par l'appropriation de la gestion concertée des aires protégées par les communautés locales. Autrement dit, comment les pouvoirs publics peuvent-ils éviter dans la Gouvernance Environnementale au PNL la déliquescence qu'a connue la majeure partie des parcs nationaux du pays? En guise d'hypothèse, nous estimons que le déploiement, la formation et la mise à niveau continue des agents de l'administration forestière ainsi que de ceux des autres organismes, l'initiation des communautés locales aux méthodes de la gestion concertée ainsi que leur appropriation de ce mode de gestion permettraient aux pouvoirs publics d'éviter la désintégration du parc de la Lomami, contrairement aux expériences du passé.

Théoriquement, nous partons de l'idée que la forêt ne peut être gérée aux dépens des populations qui en vivent, ni en l'absence de leur participation active⁴. Les politiques poursuivies dans le domaine foncier et de gestion des ressources naturelles depuis la période coloniale se sont soldées par des échecs criants⁵. Un travail sérieux de socialisation des communautés locales à la gestion concertée permettra de disposer des groupes d'usagers locaux suffisamment solides pour résister aux tentatives d'individus d'usurper le pouvoir⁶.

2 MÉTHODOLOGIE

Le cadre méthodologique de la présente réflexion s'articule autour de la procédure de récolte de données, le cadre théorique en vue d'interpréter les faits ainsi qu'à la présentation du terrain d'enquête. L'ICCN a officialisé le projet de création du PNL le 5 mars 2012. Cette dernière date constitue le point de départ de nos investigations jusqu'à notre dernière descente sur terrain en octobre 2014. L'entretien semi-structuré nous a été utile dans la récolte des informations spécifiques auprès des populations riveraines.

Cette zone forestière à protection intégrale a été créée par décret du Premier Ministre n°16/024 du 19 juillet 2016 portant création du Parc National de la Lomami, « PNL »⁷ en sigle, couvrant le territoire de Kailo en chefferie des Bangengele et en secteur Balanga, en province du Maniema, ainsi que dans les territoires d'Opala en secteurs Yawende-Loolo et Balinga Lindja et d'Ubundu en secteurs Walengola Wabira, Mituku Basikate, Mituku Bamoya et Walengola Lowa. Les enquêtes ont été menées uniquement dans le territoire d'Opala en secteurs Yawende-Loolo et Balinga Lindja.

Deux paradigmes ont été mis à contribution en vue de rendre intelligible les faits observés. Autrement-dit, la théorisation dans cette étude met un accent particulier sur la nécessité par les pouvoirs publics de tenir compte des perceptions des communautés locales en vue d'assurer la durabilité et permettre une gestion concertée au PNL.

²Le Décret n° 14/018 du 02 août 2014 souligne que les communautés locales sont des populations organisées sur base de la coutume et unie par des liens de solidarité clanique ou parentale qui fondent sa cohésion interne. Elles sont caractérisées, en outre, par leur attachement à un terroir déterminé.

³Bertrand A., et al, *L'Etat et la gestion locale durable des forêts en Afrique francophone et à Madagascar*, Paris, L'Harmattan, 2006, p.47.

⁴Adonis M.C., Gouvernance et participation dans la gestion des ressources forestières au Cameroun : impacts inattendus sur les pratiques foncières, p.3 in Eberhard, C., (dir), *Enjeux fonciers et environnementaux. Dialogues afroindiens*, Pondichéry, Institut Français de Pondichéry, 2009, p.4.

⁵Le Roy E., et al, *La sécurisation foncière en Afrique. Pour une gestion viable des ressources renouvelables*, Paris, Editions Karthala, 1996, p.34.

⁶Kubler D., *Comment optimiser la participation des acteurs de la forêt de Mau dans la lutte contre la dégradation forestière ?*, ENGREF, 2007, p.47.

⁷ République Démocratique du Congo, décret n°16/024 du 19 juillet 2016 portant création du Parc National de la Lomami, « PNL ».

Premièrement, nous avons constaté une réticence des communautés locales à toute « politique par le haut », pratique courante depuis la création du premier parc national en 1925 au Congo-Kinshasa, le parc national des Virunga. Cette politique qui consistait à instaurer l'autorité de l'Etat central et de l'administration sur les terres et sur les ressources renouvelables en excluant les populations rurales pour limiter les dégradations anthropiques en créant un réseau d'aires protégées et de forêts classées a montré ses limites. Il est important d'infléchir cette approche domaniale et propriétaire du développement⁸. Les réglementations par le haut ont conduit à des catastrophes⁹ environnementales.

Deuxièmement, l'émergence au sein des communautés locales des pratiques relevant d'une « politique par le bas ». Selon Jean-François Bayard et al¹⁰, il s'agit avant tout de rompre avec la science politique de l'Etat post-colonial qui n'est qu'une variante de la science politique classique ; une science qui se fait par "le haut" et véhicule des préjugés d'une tradition constitutionnaliste. Cette démarche part des couples d'opposition (dominants/dominés, Etat/société civile, élites politiques/peuple), engagés dans des rapports contradictoires pour mettre en relief la capacité de réaction des acteurs subordonnés. Le champ des "modes populaires d'action politique" est celui de la mobilité, de l'ambivalence, de l'allusif, du non-dit, de l'insaisissable". Ils se présentent comme une "stratégie" en ce sens qu'ils disposent toujours d'une marge de manœuvre sur les modes d'action des dominants et comme une "tactique" lorsqu'ils tendent à devenir partie prenante dans la construction de l'espace de domination ou à se substituer totalement à celui-ci.

Associer les populations riveraines dans la gestion des ressources forestières, leur évitera d'adopter des pratiques d'exploitation opportunistes et clandestines, accélérant ainsi la déforestation¹¹ et hypothéquant par le même fait la durabilité du PNL.

À côté de ces deux paradigmes, nous mettons un accent particulier sur « la gestion concertée » au PNL. Selon Borrini¹², la gestion participative (ou gestion multi partie, gestion collaboratrice, cogestion, gestion concertée) est « *une situation dans laquelle au moins deux acteurs sociaux négocient, définissent et garantissent le partage entre eux, d'une façon équitable, des fonctions, droits et responsabilités de gestion.* »¹³ C'est une approche de gestion qui associe les divers partenaires au processus de gestion notamment à la prise de décision, au contrôle et à l'évaluation».

Dans ce contexte de crise de l'État moderne, il est apparu nécessaire de repenser les rapports entre les différents acteurs, que ce soit au sein des entreprises, dans les États nationaux ou dans le système mondial. Cette nouvelle approche en termes de partenariat, de pluralité d'acteurs et de pouvoirs multi centrés, rejette l'analyse classique des rapports de pouvoirs conçus sur le mode de la verticalité entre des autorités ordonnancées de manière hiérarchique. Elle privilégie plutôt l'analyse en réseaux, au sein desquels une pluralité d'acteurs échangent et interagissent sur le mode de la coopération ou de la concurrence, ce qui implique une nouvelle forme procédurale à la fois de la prise de décision mais aussi de l'action publique. Il a donc été nécessaire de repenser la manière de gouverner et le rapport entre l'État et la société¹⁴.

La gouvernance serait le dépassement des politiques antérieures qui ont montré leurs limites et leurs insuffisances : par exemple, le faible place donnée au dialogue social, ou bien le manque d'un deuxième souffle dans la décentralisation¹⁵. Ainsi,

⁸Bertrand A et al, *op. cit.*, p. 45.

⁹Protection de l'environnement en Afrique : Pour une nouvelle approche, disponible sur www.libreafrique.com, consulté 10/04/2018.

¹⁰Awesso A, « Le politique par le bas en Afrique noire : Contribution à une problématique de la démocratie, J.-F. Bayart, A. Mbembe, C. Toulabor. Paris, Karthala, 1992 Collection "Les Afriques"- 268 p. », *Bulletin de l'APAD* [En ligne], 5 | 1993, mis en ligne le 04 juin 2008, consulté le 09 avril 2018. URL : <http://journals.openedition.org/apad/3503>

¹¹Djogbenou Paul., *Analyse multicritère des plans d'Aménagement et de Gestion Participatifs des forêts classées au Bénin : Développement d'un modèle durable*, Thèse de Doctorat en Gestion de l'Environnement, Bénin, Université d'Abomey Calavi, 2009-2010.

¹²Underwood M., *Fruit Trees, Gender Issues and Community Forestry in Zululand South Africa: A Commentary*, Paper prepared for the Workshop on Off-forest Tree Resources of Africa, Arusha, Tanzania, 12 - 16 July 1999, p.48.

¹³Borrini G., *Indigenous and Local Communities and Protected Areas*, IUCN Switzerland, 2004, p.26.

¹⁴Santiso J., (dir.), *À la recherche de la démocratie*, disponible sur <http://www.chaire-mcd.ca>, consulté le 16/01/2015. Pour lui, La gouvernance favorise ainsi les interactions État-société, en offrant un mode de coordination horizontal entre partenaires intéressés par l'enjeu (stake-holders) –autorité publique, entreprises, groupes de pression, experts, mouvements de citoyens, associations de consommateurs pour rendre l'action publique plus efficace. Elle privilégie l'élaboration non hiérarchisée des politiques publiques, par rapport à la prise de décision verticale, imposée par le haut, propre au gouvernement traditionnel.

¹⁵Gaudin J-P., *Pourquoi la gouvernance ?*, Presses de la FNSP, Paris, coll. La bibliothèque du citoyen, 2002, p.9.

la gouvernance est un concept relationnel, qui met l'accent sur la nature des interactions entre l'Etat et les acteurs de la société¹⁶.

La loi forestière congolaise consacre à certains égards le principe de la gouvernance environnementale en créant des sphères de discussion, en mettant un accent sur la participation de la société civile et des communautés locales, et en se prononçant en faveur de la transparence par la publication d'informations sur l'exploitation forestière¹⁷.

Pour Tréfon¹⁸, *le nouveau cadre légal et régulateur relatif à l'exploitation forestière au Congo offre l'opportunité d'améliorer le bien-être des populations locales dans l'esprit de la gestion durable*. C'est le moment de prendre en compte les modes de vie des communautés locales et d'instituer effectivement un mode de gestion qui annihilerait toute perception illégitime que pourrait avoir ces populations vis-à-vis des aires protégées. Cette nouvelle façon de procéder permettrait aux pouvoirs publics et aux différents acteurs de garantir la durabilité des aires protégées.

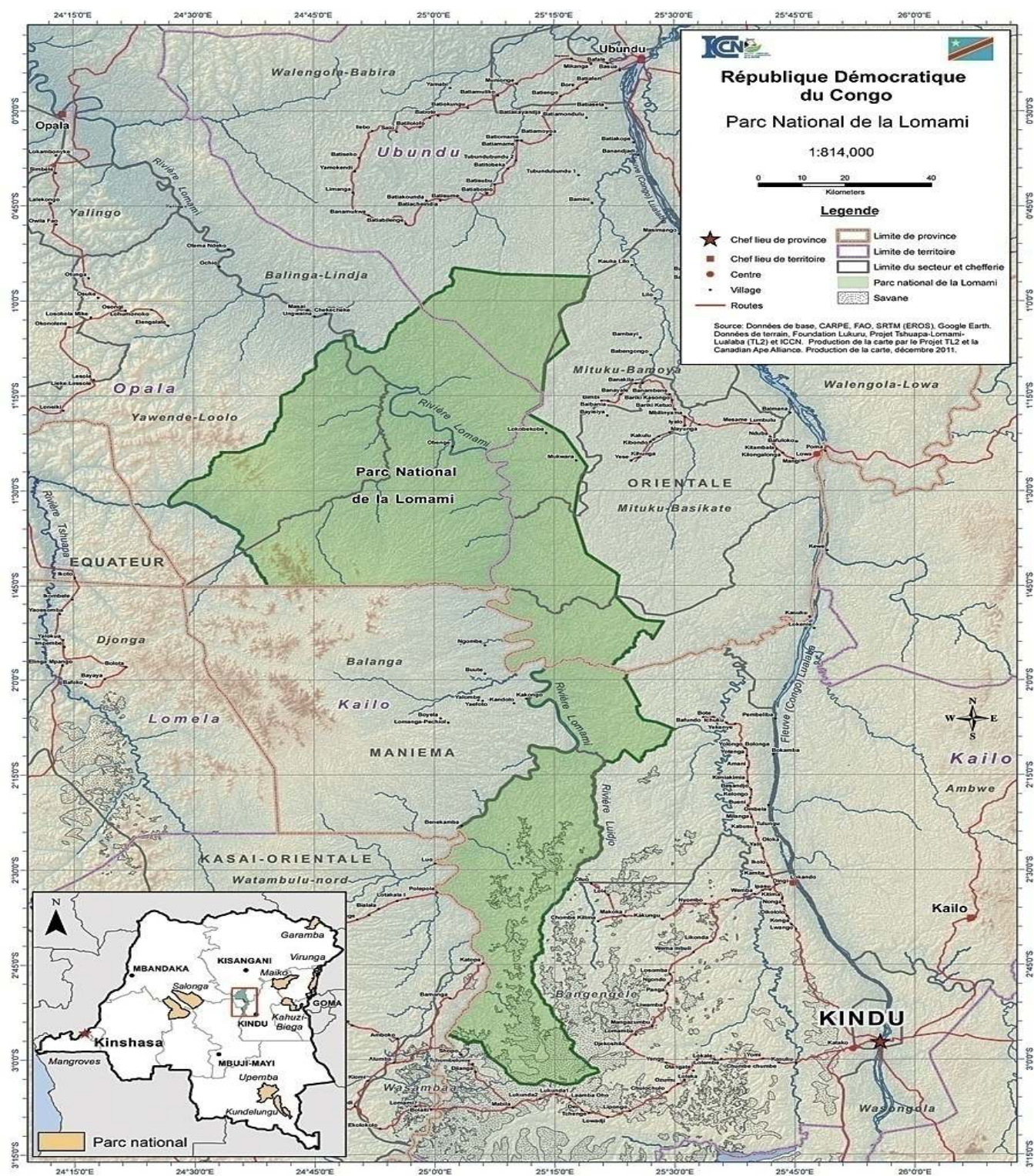
Agir autrement constituerait une violation du code forestier de la République Démocratique du Congo. Ce parc devrait bénéficier des leçons acquises dans la gestion d'autres sites où se sont posés des problèmes d'intégration des acteurs dans le processus de conservation.

En vue de rendre compte de la perception des communautés locales sur les modalités pouvant garantir la durabilité et permettre une gestion concertée des ressources naturelles au PNL, les points qui suivent traitent du déploiement des représentants des pouvoirs publics, de la formation du personnel, de la mise à niveau du personnel. Ils traitent également de l'initiation des communautés locales à la gestion concertée du PNL ainsi que leur appropriation de ce mode de gestion.

¹⁶ Aboubacar Yemikoy., *Gouvernance et gouvernométrie*, Paris, L'Harmattan, 2007, p. 9.

¹⁷OI-FLEG RDC, *Mise en application de la loi forestière et de la gouvernance. Analyse de la législation forestière de la RDC*, disponible sur http://www.observation-rdc.info/documents/REM_RDC_legislation.pdf, consulté le 02/12/2015.

¹⁸Tréfon T., *La réforme du secteur forestier en République Démocratique du Congo : défis sociaux et faiblesses institutionnelles*, in *Afrique contemporaine. Afrique et développement*, n°227,2008.



2.1 DU DÉPLOIEMENT DES REPRÉSENTANTS DES POUVOIRS PUBLICS ET DE LA PRÉSENCE DES AUTRES ACTEURS À OPALA

La présence à Opala du personnel de l'ICCN, des ONG et de la société civile est indispensable pour la consolidation de ce projet dans le milieu. Cette présence pourra marquer le début d'une collaboration effective entre les communautés locales, les pouvoirs publics et les différents acteurs.

Nos enquêtes se sont exprimées sur ces différents aspects. Leurs opinions au sujet du déploiement du personnel sont présentées dans la figure qui suit :

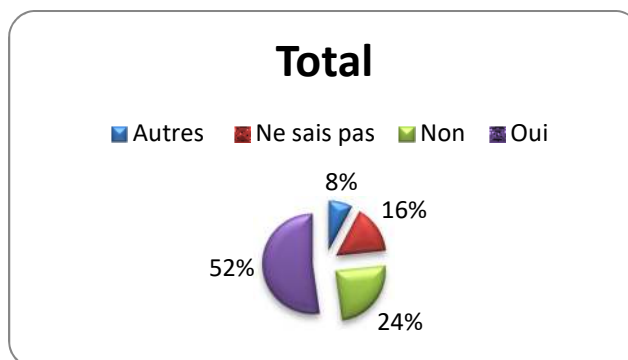


Fig. 1. Opinions des enquêtés sur la nécessité de déployer les représentants des pouvoirs publics ainsi que la présence d'autres acteurs à Opala

Cette figure nous renseigne que 52% de nos enquêtés étaient favorables au déploiement en nombre suffisant des représentants des pouvoirs publics ainsi que ceux provenant des autres partenaires afin de gérer la PNL. Pour eux, l'absence des agents de l'ICCN et la présence en petit nombre du personnel de la TL2 constitue un handicap à la gestion du PNL. La présence des agents de l'Etat en nombre suffisant est indispensable pour la réussite de cet aménagement forestier. Dans cette partie d'Opala, les agents de l'ICCN sont quasiment absents. Seules quelques unités de l'armée tentent de sécuriser ce site.

24% des opinions recueillies ne sont pas favorables à un tel déploiement parce qu'ils pensent que ces agents vont accélérer le processus qui les priverait de leur ressources naturelles. Ils sont d'avis que les ressources présentes dans le futur parc seront exploitées d'une manière ou d'une par les nouveaux occupants. 16% de nos enquêtés ne savaient rien étant donné qu'ils n'ont aucune idée sur le rôle que devra jouer chaque acteur. 8 % nous ont donné d'autres réponses. Pour cette dernière catégorie, le respect du cahier de charge est un préalable avant toute présence étrangère dans leur forêt.

Cette situation est loin d'être singulière au parc de la Lomami. Parlant des problèmes qui sévissent au parc de Kahuzi-Biega, Botano¹⁹ soutient que le premier problème réside au niveau de l'effectif de ce personnel. Le nombre des gardes-parc déployés par l'ICCN pour sécuriser 6000 km² s'élève à 140 éléments en 2008. Ils sont répartis sur les quatre stations du PNKB à savoir Tshivanga, Nzovu, Lulingu et Itebero. Un tel nombre renvoie à dire que sur 1 km², la patrouille est exercée par 0,02 garde. Batano estime qu'en conséquence, un garde-parc exerce son contrôle sur 42,86 km².

Quant au parc national de la Salonga, il compte 219 agents déployés dans 6 secteurs et 22 postes de patrouilles. Certains postes ont été abandonnés faute de moyens tandis que d'autres ont été créés suite à une analyse spatiale de placement des points de surveillance, mais leur répartition géographique laisse 40% du parc à plus de 30km d'une base de garde. Ce personnel est âgé (plus de 65% a plus de 40 ans) et l'âge moyen est trop élevé pour assurer une surveillance efficace du Parc²⁰.

Pour la population locale, la création de ce parc à Opala est pertinente. Cela se traduit par le souhait de la plupart de nos enquêtés à voir le déploiement des agents de l'Etat ainsi que ceux provenant d'autres partenaires s'accroître.

La pertinence de ce parc est encore plus ressentie par le besoin de développer et de mettre en œuvre des stratégies de gestion forestières qui soient durable d'un point de vue biologique, économique, institutionnel et politique et qui soient capables de comprendre et de s'adapter à l'inéluctabilité des changements.²¹

Après l'analyse de la question du déploiement du personnel, nous abordons au point suivant la formation du personnel de ce futur aménagement forestier.

¹⁹Botano G., *Formes de survie des Batwa après leur expulsion dans le Parc national de Kahuzi-Biega*, Mémoire de Master en Développement, FOPES, UCL, Belgique, Académie Louvain, Louvain-la-Neuve, 2009-2010, p.143.

²⁰Rapac, *Contribution à l'intégrité physique et écologique du Parc national de la Salonga à travers le suivi de la faune et du braconnage par le Management Information System (MIST) et l'implication de ses communautés riveraines*, Libreville, Fonds européen de développement, 2012, p.4.

²¹Barthod C., *L'aménagement dans la politique forestière française*, p.50, disponible sur <http://documents.irevues.inist.fr/bitstream>, consulté le 12/12/2015.

2.2 DE LA FORMATION DU PERSONNEL

La gestion concertée des aires protégées est une nouveauté en RDC. Le personnel à déployer à Opala pour gérer le PNL doit être à mesure d'intégrer dans sa gestion le point de vue des communautés locales afin de concilier la conservation des ressources naturelles et le bien être des populations riveraines.

Les opinions de nos enquêtés sur la formation du personnel sont présentées dans la figure qui suit :

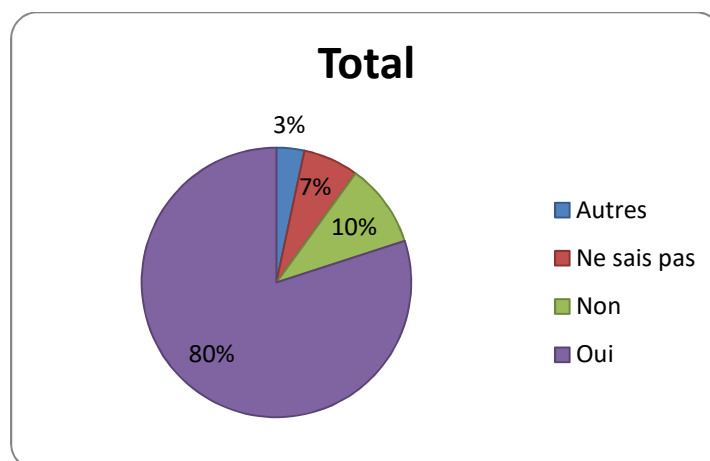


Fig. 2. Opinions des enquêtés sur la formation du personnel

D'après notre enquête, 80 % de sujets interrogés ont été d'avis que la formation du personnel des pouvoirs publics ainsi que ceux des autres partenaires était nécessaire pour la réussite de ce projet. Selon eux, un personnel formé sera en mesure de faire appliquer convenablement la loi. Dans la perspective d'une participation active des communautés locales à la gestion du parc, un tel personnel pourra maintenir un dialogue permanent avec ces populations.

En revanche, 10% des enquêtés pensaient que la formation du personnel n'était pas indispensable. Pour eux, cette forêt constitue leur milieu naturel, et personne ne peut veiller à sa préservation plus qu'eux. La présence des agents formés peut être un élément qui les empêcherait d'accéder aux produits forestiers non ligneux. 7% de nos enquêtés n'étaient pas convaincus que la matérialisation de ce projet changera leur quotidien. Ils estiment que même si on recrutait localement le personnel, ce projet profitera beaucoup plus aux pouvoirs publics et aux ONG plutôt qu'aux populations riveraines. Pour 3% des enquêtés, l'implantation des écoles dans leur milieu est la seule façon de procéder à la formation des populations locales.

L'acceptation par la population de ce parc dépend également de la capacité à communiquer des agents de l'Etat ainsi que du personnel des autres organismes.

L'ICCN devrait en principe renforcer les compétences de ses ressources humaines afin d'améliorer la qualité du métier (conservation de la nature) exercé mais aussi la qualité de vie au travail, encourager le travailleur dans son emploi. La formation est un préalable à la prise de certaines fonctions, surtout techniques au cours de la période d'activités qui perturbe même l'équilibre interne des solidarités de groupes au travail, en touchant la hiérarchie qui semble ne pas s'intéresser aux autres catégories faute d'une politique de formation professionnelle appropriée, et au manque d'un budget alloué à cette fin²².

Tout nouvel agent doit faire prévaloir sa disponibilité, ses capacités physiques et intellectuelles, en vue de faciliter son intégration dans une équipe. Une des prédispositions importantes à cet effet est la capacité d'écoute et d'observation. Après le recrutement et la mise en condition (attribution de salaires, de matériels et d'équipements), une des étapes importantes est le premier séjour sur le terrain. La découverte du site donne lieu à des impressions qui peuvent reconforter ou décourager

²² Politique de formation du personnel, *Document de politique générale*, 2008, disponible sur www.wcd.coe, consulté le 10/02/2015.

l'agent. Afin d'éviter la désillusion, le processus d'intégration doit s'accompagner de séances théoriques et pratiques d'information et de formation de base²³.

Nous venons, à travers ce point, de plancher sur l'aspect formation du personnel du PNL. Le point qui suit est consacré à la mise à niveau du personnel.

2.3 DE LA MISE À NIVEAU DU PERSONNEL

Le PNL à Opala mérite d'être géré par un personnel qui a déjà de l'expérience dans ce domaine. Étant donné que la gestion participative n'était pas intégrée dans la politique de gestion des précédents parcs nationaux en RDC, la mise à niveau de ce personnel est indispensable.

Les points de vue de nos enquêtés sur la mise à niveau du personnel sont présentés ci-dessous:

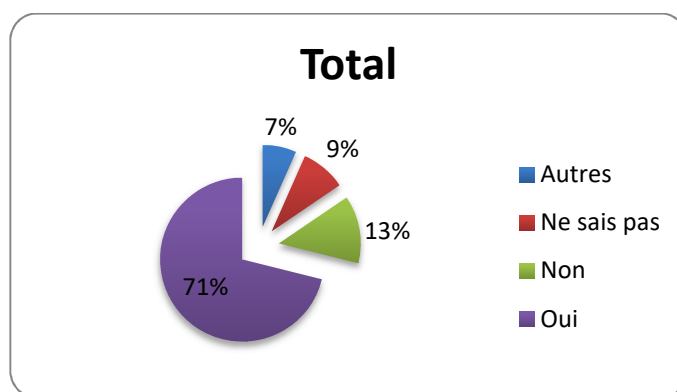


Fig. 3. Opinions des enquêtés sur la mise à niveau du personnel

Cette figure nous renseigne que 71% de sujets soumis à l'enquête ont pensé que la mise à niveau du personnel de l'Etat ainsi que ceux des autres partenaires est nécessaire. Il est capital que les agents qui seront déployés sur place, apprennent le mode de vie de ces populations. Bien que pouvant justifier d'une certaine expérience, ce nouveau mode de gestion des aires protégées doit être convenablement assimilé par les agents. 13% de nos enquêtés ont estimé que cette mise à niveau n'était pas du tout indispensable. L'expérience acquise antérieurement peut être utile dans la gestion de ce futur parc national. Les moyens mobilisés pour la mise à niveau peuvent être affectés dans des micro-projets dans le milieu. 9% des enquêtés ne savaient rien parce qu'ils ne sont pas convaincus par le projet. Pour eux, le processus tel qu'il est mené ne permettra pas une amélioration de leur condition de vie. 7% ont mentionné d'autres réponses, comme l'inopportunité de la mise à niveau. Avant d'envisager la mise à niveau du personnel, l'Etat doit dédommager les populations locales.

En général, les agents chargés d'administrer les parcs nationaux en RDC ont un problème au niveau technique et logistique. Ce personnel n'est pas suffisamment formé et ne sont pas de bonne qualité pour exercer leurs fonctions.²⁴

Les gardes parcs n'ont pas seulement le devoir de protéger le parc, mais surtout de veiller à une cohabitation pacifique entre les populations locales et les structures étatiques. La mise à niveau peut permettre aux agents salariés confinés dans les mêmes postes depuis plusieurs années de renforcer leurs capacités de gestion.

Le PNL ne peut pas fonctionner seulement avec des nouvelles unités. Il faudrait joindre aux unités recrutées localement, quelques agents expérimentés dans la gestion des aires protégées. La mise à niveau de cette deuxième catégorie du personnel s'avère donc indispensable.

²³ Ndiaye B., *Recruter du personnel*, p.101, disponible sur https://hal.inria.fr/file/index/docid/669157/filename/manuel_gestion_afrique, consulté le 04/11/2015

²⁴ Uwe K et Hart T., *Rapport de mission suivi réactif de l'UNESCO au parc national des Virunga et du Kahuzi Biega, République démocratique du Congo (RDC)*, 2006, p. 26.

Naturellement, les anciens sont appelés à guider les nouveaux dans certains domaines, certaines tâches et pendant un certain temps. Dans les aires protégées, la forme et la nature du travail nécessitent un apprentissage car les détails de terrain ne s'appréhendent facilement que par la pratique²⁵.

Le point ci-haut a traité de la mise à niveau du personnel à déployer à Opala. Celui qui suit est centré sur l'initiation des communautés locales à la gestion concertée du PNL.

2.4 DE L'INITIATION DES COMMUNAUTÉS LOCALES À LA GESTION CONCERTÉE DU PNL

L'implantation du parc à Opala affecte le mode de vie des populations riveraines, qui ne peuvent plus faire usage des ressources forestières comme de coutume. En devenant acteurs dans la conservation de la biodiversité, les populations riveraines doivent apprendre à conserver la forêt tout en menant des activités indispensables à leur survie.

Les réponses de nos enquêtés par rapport à l'initiation des populations riveraines à la gestion concertée sont présentées dans la figure ci-dessous :

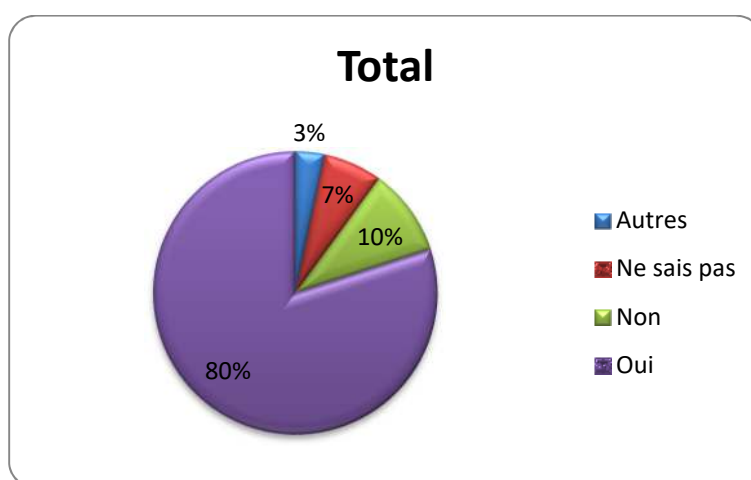


Fig. 4. Opinions des enquêtés sur l'initiation des communautés locales à la gestion concertée du PNL

Cette figure indique que 80% de nos enquêtés sont d'accord pour être initié à ce nouveau mode de gestion des aires protégées. Ils ont avancé comme raison le besoin qu'ils ressentent de sécuriser leur forêt. La forêt de leurs ancêtres ne peut être bien gérée que s'ils sont associés à la gestion. Étant donné qu'ils seront privés de certaines ressources, ils doivent surveiller pour qu'aucune autre personne ne profite illégalement de ressources naturelles présentes dans ce milieu. 10% de sujets interrogés n'ont pas été de cet avis. Ils ont pensé que leur forêt devait rester dans l'état où elle est actuellement, ils devaient jouir pleinement de ses ressources. 7% ont affirmé ne pas savoir parce que ce nouveau mode de gestion leur paraît étranger. Ils préfèrent continuer à disposer de leur forêt comme ils le font toujours. 3% des opinions émises renseignent que ce mode de gestion est une manière discrète pour que les pouvoirs publics les privent de la forêt.

L'approche participative permet l'association active et responsable des populations. Elle est née du constat d'échec des stratégies d'intervention préconisées par le passé, ainsi que de la volonté assez récente des gouvernements d'intégrer la dimension "participation des populations" aux politiques de développement rural. Elle vient en appui des actions menées en faveur de la décentralisation des services techniques, des efforts pour un désengagement de l'Etat et la privatisation des activités de production et de gestion, dont l'exploitation forestière. Basée sur l'instauration d'un dialogue services techniques/populations et fondée sur le concept de participation et de partenariat, la méthodologie d'approche participative est novatrice à plus d'un titre. Elle a pour objectif principal d'associer étroitement les populations dans la conception et la gestion de toutes les activités de développement de leur milieu et de leur terroir²⁶.

²⁵ Ndiaye B., *op. cit.*

²⁶ FAO, *Apport de l'approche participative*, Rome, 1992, p. 39.

Les actions doivent être conçues, exécutées, et évaluées avec les communautés locales concernées en rapport avec les structures administratives locales. Cette participation volontaire ou suscitée pourrait être soutenue par une incitation matérielle sous forme d'investissement à caractère collectif tendant à améliorer la vie des populations (puits, école, dispensaire, piste, coopérative). Le droit à ces incitations diverses est toutefois matérialisé par la signature d'un contrat entre l'Etat et les bénéficiaires eux-mêmes²⁷.

L'approche participative est un processus dynamique en ce sens qu'elle évolue dans le temps, en fonction des spécificités et des conditions locales. Elle s'appuie sur la connaissance et la perception qu'ont les populations de leur milieu et de l'interaction des différents éléments qui entrent en jeu dans la gestion du terroir. Toutefois, ces dernières, parce qu'elles sont le plus souvent confrontées à de nombreux problèmes à résoudre au quotidien, peuvent ne pas percevoir l'enjeu et l'ampleur de la dégradation et des changements du milieu auxquels elles tentent toutefois de s'adapter. Elles peuvent également ne pas être conscientes du rôle qu'elles jouent sur l'évolution à long terme de l'état des ressources naturelles et du couvert forestier. Une des étapes essentielles de la gestion participative des ressources naturelles est de permettre cette prise de conscience de l'impact des différentes pratiques sur le milieu et de réfléchir avec les populations sur les possibilités de les améliorer²⁸.

Nous pouvons soutenir à ce stade que l'objectif prédéfini lors de matérialisation de ce parc à savoir l'implication de la population locale dans gestion risque de ne pas être atteint. En effet, le processus qui a conduit à cet aménagement forestier n'a pas été efficace par le fait qu'il n'a pas suffisamment préparé les communautés locales riveraines à la gestion communautaire du PNL.

La participation et le renforcement des capacités des communautés locales sont parmi les moyens fondamentaux permettant d'atteindre des objectifs élevés de conservation²⁹.

Bien que la majeure partie de nos enquêtés ont exprimés le souhait d'être initiés aux méthodes de la gestion participative, les populations locales ne sont pas associés aux travaux préparatoires de l'implantation du futur parc de la Lomami à Opala.

L'initiation des communautés locales à la gestion concertée a été analysée précédemment. Le point suivant est axé sur l'appropriation de la gestion concertée du PNL par les communautés locales.

2.5 DE L'APPROPRIATION DE LA GESTION CONCERTÉE DU PNL PAR LES COMMUNAUTÉS LOCALES

Non seulement les communautés locales doivent être initiées à la gestion concertée des aires protégées, elles doivent également être en mesure de se l'approprier, étant donné que la formation ne peut être permanente.

Cette appropriation des communautés locales pourra être un élément de socialisation important dans le milieu, pouvant se transmettre d'une génération à une autre.

Les opinions sur la capacité des communautés locales à s'approprier ce mode de gestion sont analysées dans la figure ci-dessous :

²⁷ Reeb D., *Gestion participative des ressources naturelles : démarches et outils de mise en œuvre*, Rapport de mission, Rome, FAO, 2004, p. 11.

²⁸ Projet d'appui à la gestion des terroirs (PAGT) Niger, 1993, p. 14.

²⁹ Larat. P et Lemelle. J.P., *La coopération française dans le secteur forestier du bassin du Congo sur la période 1990-2010*, p.8, disponible sur <http://www.oecd.org/countries/congo>, consulté le 04/12/2015.

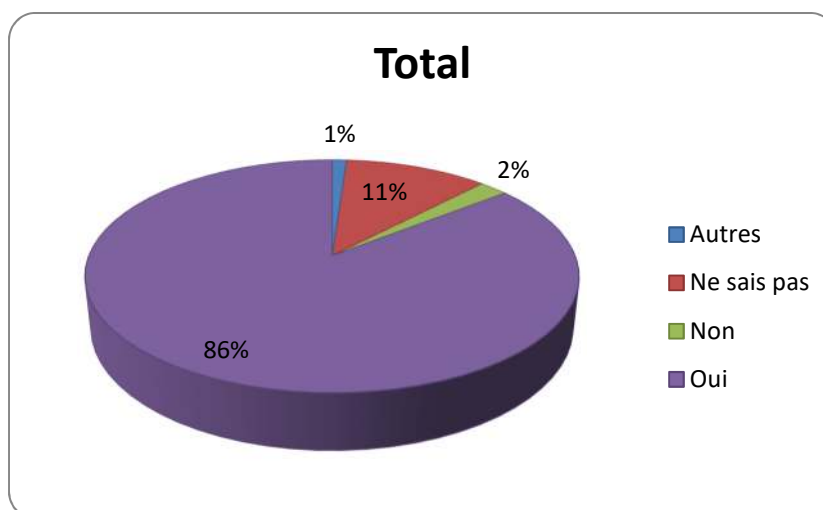


Fig. 5. Opinions des enquêtés sur l'appropriation de la gestion concertée du PNL par les communautés locales

Il ressort de cette figure que 86% de nos enquêtés ont pensé qu'ils seront en mesure, une fois l'initiation effectuée, de s'approprier la gestion concertée comme nouveau mode de gestion d'une aire protégée. Pour eux, cela représente une occasion manifeste pour qu'ils continuent à bénéficier des ressources naturelles de leur forêt.

Il sied de souligner avec P. Lascoumes et P. Le Galès³⁰ que « *la perspective top-down (par le haut) montre les décisions centrales et leurs effets. Les politiques publiques sont analysées soit du côté de la redistribution par l'État et des conflits d'acteurs qui y sont associés(...) tandis que la perspective bottom-up étudie les individus en interaction, les échanges, les mécanismes de coordination, la formation de groupes, le jeu de normes, les conflits. Elle privilégie les raisonnements par le bas partant des modes d'échange et d'agrégation entre acteurs individuels et collectifs.* »

C'est également un moyen efficace de protéger la forêt. Ils ont estimé que la gestion participative des ressources naturelles est un moyen de développer d'une manière durable le territoire d'Opala. C'est dans cette optique que ces deux auteurs susmentionnés³¹ estiment pour mettre en évidence la dimension participative que la gouvernance est le « *processus de coordination d'acteurs, de groupes sociaux, d'institutions pour atteindre des buts discutés et définis collectivement.* »

2% seulement ont soutenu qu'ils ne seront pas en mesure de s'approprier ce nouveau mode de gestion. D'après eux, la formation scolaire est un préalable pour qu'ils développent des aptitudes nécessaires. 11% des enquêtés ont été indécis. Ils attendent le début de leur apprentissage pour avoir une idée claire. Pour le 1%, il fallait gérer la forêt sans le concours des pouvoirs publics et des ONG.

La reconnaissance effective des droits des communautés locales par les différents acteurs pourra les disposer à s'approprier les méthodes de la gestion concertée. Il est également à noter que l'appropriation des méthodes de la gestion concertée des aires protégées par les communautés locales dépend de la cohérence des démarches que les pouvoirs publics et les différents intervenants vont entreprendre auprès d'elles.

En effet, Si plusieurs projets intervenant au sein d'une même communauté prônent chacun une approche participative sans une concertation sur la démarche à adopter ni sur les outils à utiliser, les résultats escomptés peuvent ne pas se produire. Les démarches adoptées par ces projets pour travailler avec les populations d'une même communauté peuvent être contradictoires voire concurrentielles car chacun voudra démontrer que son approche est la meilleure alors que le but ultime est le même, à savoir le développement durable.

Ainsi, les populations sont plutôt malmenées qu'appuyées, étant contraintes de remettre en cause ou d'abandonner les orientations du reste cohérentes, dans lesquelles elles se sont déjà engagées avec le ou les projets précédents. Parfois même,

³⁰ Lascoumes P et Gales P., *Sociologie de l'action publique*, Paris, Armand colin, 2011, pp. 14-15.

³¹Lascoumes P et Gales P, *op cit*, p.21.

on est devant un mur simplement à cause de querelles intellectuelles ou de divergences de vue philosophique au sein des intervenants.³²

Nous venons d'analyser le point qui traite de l'appropriation de la gestion participative par les populations riveraines.

3 CONCLUSION

Étant donné qu'elle présente des potentialités énormes, la République Démocratique du Congo s'est engagée à accroître la superficie des aires protégées. Le Parc National de la Lomami est le seul à être créé avec une double ambition à savoir conserver la biodiversité unique de ce milieu et promouvoir le bien-être des communautés locales qui vivent aux alentours de ce parc.

La présente étude a présenté la perception des communautés locales du Parc de la Lomami sur les voies et moyens de garantir la durabilité de cet aménagement forestier ainsi que sur la nécessité de procéder à une gestion concertée. Des réponses de nos enquêtés, il en résulte la pertinence de ce projet. Les communautés locales fondent d'énormes espoirs dans le PNL. Ceci est une occasion pour eux de voir les pouvoirs publics s'impliquer dans l'amélioration de leurs conditions de vie.

REFERENCES

- [1] Aboubacar Yemikoy., *Gouvernance et gouvernométrie*, Paris, L'Harmattan, 2007.
- [2] Adonis M.C., Gouvernance et participation dans la gestion des ressources forestières au Cameroun : impacts inattendus sur les pratiques foncières, p.3 in Eberhard, C., (dir), *Enjeux fonciers et environnementaux. Dialogues afroindiens*, Pondichéry, Institut Français de Pondichéry, 2009.
- [3] Awesso A, « Le politique par le bas en Afrique noire : Contribution à une problématique de la démocratie, J.-F. Bayart, A. Mbembe, C. Toulabor. Paris, Karthala, 1992 Collection "Les Afriques"- 268 p. », *Bulletin de l'APAD* [En ligne], 5 | 1993, mis en ligne le 04 juin 2008. URL : <http://journals.openedition.org/apad/3503>
- [4] Barthod C., *L'aménagement dans la politique forestière française*, p.50 disponible sur <http://documents.irevues.inist.fr/bitstream>.
- [5] Bertrand A., et al, *L'Etat et la gestion locale durable des forêts en Afrique francophone et à Madagascar*, Paris, L'Harmattan, 2006.
- [6] Borrini G., *Indigenous and Local Communities and Protected Areas*, IUCN Switzerland, 2004.
- [7] Botano G., *Formes de survie des Batwa après leur expulsion dans le Parc national de Kahuzi-Biega*, Mémoire de Master en Développement, FOPES, UCL, Belgique, Académie Louvain, Louvain-la-Neuve, 2009-2010.
- [8] Décret n° 14/018 du 02 août 2014 fixant les modalités d'attribution des concessions forestières aux communautés locales en République Démocratique du Congo.
- [9] Décret n°16/024 du 19 juillet 2016 portant création du Parc National de la Lomami, « PNL » en République Démocratique du Congo.
- [10] Djogbenou Paul., *Analyse multicritère des plans d'Aménagement et de Gestion Participatifs des forêts classées au Bénin : Développement d'un modèle durable*, Thèse de Doctorat en Gestion de l'Environnement, Bénin, Université d'Abomey Calavi, 2009-2010.
- [11] FAO, *Apport de l'approche participative*, Rome, 1992.
- [12] Kubler D., *Comment optimiser la participation des acteurs de la forêt de Mau dans la lutte contre la dégradation forestière ?*, ENGREF, 2007.
- [13] Larat. P et Lemelle. J.P., *La coopération française dans le secteur forestier du bassin du Congo sur la période 1990-2010*, p.8, disponible sur <http://www.oecd.org/countries/congo>.
- [14] Lascoumes P et Gales P., *Sociologie de l'action publique*, Paris, Armand colin, 2011.
- [15] Le Roy E., et al, *La sécurisation foncière en Afrique. Pour une gestion viable des ressources renouvelables*, Paris, Editions Karthala, 1996.
- [16] Loi 011/2002 du 29 août 2002 portant Code Forestier de la République Démocratique du Congo.
- [17] Ndiaye B., *Recruter du personnel*, p.101

³²Rapport de l'Atelier tenu à Parakou (Bénin) en 1999 sur le thème: "Mise en place d'une plate-forme de concertation entre les acteurs de développement dans le Borgou".

disponible sur https://hal.inria.fr/file/index/docid/669157/filename/manuel_gestion_afrique.

- [18] OI-FLEG RDC, *Mise en application de la loi forestière et de la gouvernance. Analyse de la législation forestière de la RDC*, disponible sur http://www.observation-rdc.info/documents/REM_RDC_legislation.pdf.
- [19] Politique de formation du personnel, *Document de politique générale*, 2008, disponible sur www.wcd.coe.
- [20] Projet d'appui à la gestion des terroirs (PAGT) Niger, 1993.
- [21] Protection de l'environnement en Afrique : Pour une nouvelle approche, disponible sur www.libre-afrique.com.
- [22] Rapac, *Contribution à l'intégrité physique et écologique du Parc national de la Salonga à travers le suivi de la faune et du braconnage par le Management Information System (MIST) et l'implication de ses communautés riveraines*, Libreville, Fonds européen de développement, 2012.
- [23] Rapport de l'Atelier tenu à Parakou (Bénin) en 1999 sur le thème: "*Mise en place d'une plate-forme de concertation entre les acteurs de développement dans le Borgou*".
- [24] Reeb D., *Gestion participative des ressources naturelles : démarches et outils de mise en œuvre*, Rapport de mission, Rome, FAO, 2004.
- [25] Santiso J., (dir.), *À la recherche de la démocratie*, disponible sur <http://www.chaire-mcd.ca> , Gaudin J-P., *Pourquoi la gouvernance ?*, Presses de la FNSP, Paris, coll. La bibliothèque du citoyen, 2002.
- [26] Tréfon T., La réforme du secteur forestier en République Démocratique du Congo : défis sociaux et faiblesses institutionnelles, in *Afrique contemporaine. Afrique et développement*, n°227, 2008.
- [27] Underwood M., *Fruit Trees, Gender Issues and Community Forestry in Zululand South Africa: A Commentary*, Paper prepared for the Workshop on Off-forest Tree Resources of Africa, Arusha, Tanzania, 12 - 16 July 1999.
- [28] Uwe K et Hart T., *Rapport de mission suivi réactif de l'UNESCO au parc national des Virunga et du Kahuzi Biega, République démocratique du Congo (RDC)*, 2006.

Analyse environnementale des sites de captage d'eau de la REGIDESO à Kinshasa

[Environmental analysis of the sites of catchment of water of the REGIDESO in Kinshasa]

Joseph M. Kakundika, Dieudonné E. Musibono, Lambert K. Binzangi, and Thierry T. Tangou

Université de Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The environment (middle) of three important sites of catchment of water of the REGIDESO in Kinshasa notably the rivers N'djili and Lukunga and the Congo stream is in particular vulnerable following the failure to respect of the environmental hygiene by the riparian populations of these three sites and of all kinois in general. This survey proposes to verify the degree of water pollution treated by the REGIDESO and the efficiency of the treatment techniques applied by this one to purify water. For that to make, 3 samples by site of the raw water and three of water treated have been appropriated and have been analyzed in order to determine the physico-chemical parameters (MO, MES, Turbidité, pH, T°, SD, Co, NO⁻³, PO⁻⁴, FeT, Pb, OD, DBO₅ and DCO) and bacteriological (fecal coliforms, fecal streptococci and Escherichia Colis) for the raw water, while for the treated water, it has about of the analysis of the data base of the laboratory of the REGIDESO. The gotten results show that the dismissals descended of the human activities upstream of the sources of catchment have negative impacts on water to treat and that some parameters as the total iron, the DCO and the MY don't answer the norms of the drinking water. Otherwise, the meticulous exam on one period of one year of the archives of the laboratory of the REGIDESO indicates some temporary, daily or periodic failings as for the bacteriology.

KEYWORDS: site of water catchment, environmental hygiene, pollution, raw water, treated water.

RÉSUMÉ: L'environnement (milieu) de trois sites importants de captage d'eau de la REGIDESO à Kinshasa notamment les rivières N'djili et Lukunga et le fleuve Congo est vulnérable suite au non-respect de l'hygiène environnementale par les populations riveraines de ces trois sites en particulier et de tous les kinois en général. Cette étude propose d'identifier les polluants potentiels de ces trois sites, de vérifier le degré de pollution de l'eau traitée par la REGIDESO et l'efficacité des techniques de traitement appliquées par celle-ci pour purifier l'eau. Pour ce faire, six échantillons de l'eau brute par site et six de l'eau traitée par usine ont été prélevés et analysés en vue de déterminer les paramètres physico-chimiques (MO, MES, Turb., pH, T°, SD, C°, NO⁻³, PO⁻⁴, FeT, Pb, OD, DBO₅ et DCO) et bactériologiques (coliformes fécaux, streptocoques fécaux et Escherichia Coli) pour l'eau brute, tandis que pour l'eau traitée, il s'agit de l'analyse de la base de données du laboratoire de la REGIDESO.

Les résultats obtenus montrent que les rejets issus des activités anthropiques en amont des sources de captage ont des incidences négatives sur l'eau à traiter et que certains paramètres tels que le fer total, la DCO et les MES dans l'eau traitée ne répondent pas aux normes de l'eau potable. Par ailleurs, l'examen minutieux sur une période d'un an des archives du laboratoire de la REGIDESO indique certaines défaillances temporaires, journalières ou périodiques quant à la bactériologie.

MOTS-CLEFS: site de captage d'eau, hygiène environnementale, pollution, eau brute, eau traitée.

1 INTRODUCTION

Pour assurer son développement intégral, l'Homme a besoin de l'eau tant en quantité qu'en qualité. La République Démocratique du Congo, avec un potentiel hydrique annuel par habitant supérieur à 2000 m³, composé d'importants écosystèmes hydriques (lacs, rivières, fleuve, océan, nappes aquifères, ...), est comptée parmi les pays arrosés(1). Pourtant, malgré toute cette richesse hydrologique, l'eau demeure une denrée rare pour les populations congolaises, surtout celles qui habitent des grandes agglomérations (villes, cités) car, suite à la pollution due à une urbanisation sauvage, une forte concentration démographique et au manque d'une éthique environnementale (mauvaises pratiques environnementales), l'eau destinée à la consommation doit conditionnellement passer par un processus de traitement préalable avant tout usage. A ce propos J. Hopkins dit : « *alors que l'Afrique n'utilise que quatre pour cent (4%) environ de ses ressources en eaux douces renouvelables, l'eau devient de plus en plus l'une des questions les plus critiques de la problématique des ressources naturelles. Le continent est l'une de deux régions du monde où les pénuries d'eau sont les plus graves* ». (2)

La loi de la République Démocratique du Congo confie le monopole de la fourniture de l'eau potable à la REGIDESO, société paraétatique qui œuvre dans ce domaine depuis l'époque coloniale. Suite à la difficulté de répondre au besoin en eau, toujours croissant de la majorité de kinois, quelques alternatives de forage des puits publics se créent petit à petit dans le chef de certains entrepreneurs mais aussi de certaines associations caritatives (Katsongo K) (3). Or, plus d'un kinois se lamente sur la qualité de la desserte en eau que fournit cette entreprise. Ngimbi B., Beya D., (4 et 5), travaillant séparément sur la qualité de l'eau traitée par la REGIDESO ont constaté que celle-ci contenait des substances indésirables et ne pouvait être utilisée comme eau de boisson ou de cuisson qu'après un traitement domiciliaire préalable.

Qu'est ce qui fait que l'eau, quand bien même traitée préalablement par la REGIDESO puisse souvent faire l'objet des critiques négatives de la part de milliers de consommateurs kinois ?

Après avoir observé pendant 20 ans (correspondant à la période vécu à Kinshasa) les habitudes kinoises de tout jeté à l'égout, dans les cours d'eau ou dans les rues ; la pratiques des activités agricoles et élevage le long des cours d'eau, etc., cette étude intitulée « analyse environnementale des sites de captage d'eau de la REGIDESO à Kinshasa » a été de grande nécessité. Elle a pour but de vérifier les impacts négatifs causés par des mauvaises habitudes environnementales kinoises sur les ressources en eau de cette entreprise en y apportant des quantités importantes de polluants qui compliqueraient leurs traitements.

Trois faits essentiels ont été vérifiés pour ce à savoir : (i) les sources potentielles susceptibles de polluer l'eau de surface au captage (**Analyse environnementale**), (ii) la qualité des eaux aux lieux de captage (**Analyse de l'eau brute**) et (iii) la qualité de l'eau traitée ou l'efficacité des techniques de traitement de l'eau appliquées par la REGIDESO (**Analyse de l'eau traitée**).

L'intérêt de cette étude se situe au niveau de la prévention des risques sanitaires qu'impliquerait la pollution des sources de captage de la REGIDESO en amont et les défaillances dans le circuit de traitement de ces eaux « polluées ». Les résultats obtenus pourraient servir cette entreprise traitante de l'eau dans l'amélioration de sa technologie actuelle et de prévenir ainsi plusieurs risques dus à la distribution/consommation de l'eau partiellement traitée.

2 MILIEU, MÉTHODES ET MATÉRIELS

Trois cours d'eau sur lesquels s'approvisionnent en eau brute trois grandes usines de la REGIDESO/Kinshasa ont été considérés pour mener cette étude. La rivière N'djili à l'est (du captage situé à plus ou moins cinquante mètres en aval du croisement de la rivière N'djili et le boulevard Lumumba jusqu'à N'djili Brasserie soit une distance d'environ 15 Km), la rivière Lukunga à l'ouest (de l'usine dans la commune de Ngaliema jusqu'à la source dans la vallée de la cité Maman Mobutu dans la commune de Mont Ngafula sur une distance estimée à 15 Km) et le fleuve Congo au nord (du point de captage de l'usine Ngaliema situé dans le quartier Utexafrica, dans la commune de la Gombe, jusqu'au port ONATRA, dans la même commune à plus ou moins 8 Km).

Il a été réalisé au niveau de chaque site une analyse environnementale basée sur une approche systémique (observation directe), une analyse de l'eau brute in situ et au laboratoire échantillonnée aux points de captage et une analyse de l'eau traitée échantillonnée à la sortie du vanne des usines.

L'analyse environnementale s'est réalisée grâce à des visites individuelles (observation directe) le long et dans les alentours (bassin versant) des rivières, sources de captage dont il est question dans cette étude en vue de saisir les interactions entre les deux éléments majeurs de notre étude qui sont l'eau et l'environnement (milieu) urbain ; l'analyse de l'eau brute s'est réalisée in situ (cas de l'oxygène dissous et température) et out situ, au laboratoire biochimique de la REGIDESO. Celle-ci nous a été utile pour faire le lien entre milieu et pollution des eaux de surface et nous a permis de nous rendre compte du danger

environnemental posé non seulement par les activités humaines qui se déroulent autour et en amont des sites de captage mais aussi des mauvaises habitudes de la population de considérer les rivières et égouts comme des poubelles à ciel ouvert. Ces derniers demeurent sources probantes de pollution d'eau des rivières, sources d'approvisionnement de la REGIDESO et l'analyse de l'eau traitée réalisée au même laboratoire biochimique (méthode analytique) nous a servi comme témoin de l'efficacité de la technologie mise en place par la REGIDESO pour traiter l'eau distribuée à Kinshasa. Les résultats de ces trois analyses (3A) ont subi une discussion analytique moyennant les méthodes statistique et comparative.

Pour y arriver, les appareils et matériels ci-après ont été utilisés : une balance analytique, une caméra (appareil photographique), un conductimètre, un digesteur, une étuve, un galvanomètre, un homogénéiseur, un incubateur, un oxymètre, un pH mètre, un photomètre PF-11 visicolor, une plaque chauffante (réchaud), une poire à pipeter, une rampe de filtration, un réfrigérateur, un réfrigérant à reflux, une ampoule à décanter, des béchers, des bouteilles en verre, une boîte de pétrie, des bouteilles en verre de 1 litre, des burettes, des entonnoirs, des éprouvettes graduées, des éprouvettes 50 ml bouchée émeri, des erlenmeyers, des flacons compte-gouttes, des flacons DBO, des flacon colorimétrique, de l'Ouate, du papier filtre, du papier hygiénique, des pieds gradués, des pipettes graduées, des pissettes, une poire à pipeter, des pirogues, un statif, un bac isotherme et des tubes à essai.

Les réactifs ci-après ont servi lors des analyses des échantillons : acide sulfurique concentré (H_2SO_4), Acide nitrique (HNO_3), Chloroforme pur, Cyanure de potassium (KCN), Eau distillée (H_2O), Eau de dilution, Gélule de dithuver, Gélule de tampon de citrate pour métaux lourds, Hydroxyde de sodium, Inhibiteur de nitrification, Oxalate de sodium, poudre de réactif de nitrate-1, poudre de réactifs de phosphate-1, solution de dithizone, solution de réactif de fer-1, solution de réactif de nitrate-2, solution de réactif phosphate-2, permanganate de potassium.

Notre milieu d'étude est représenté par la carte ci-après :

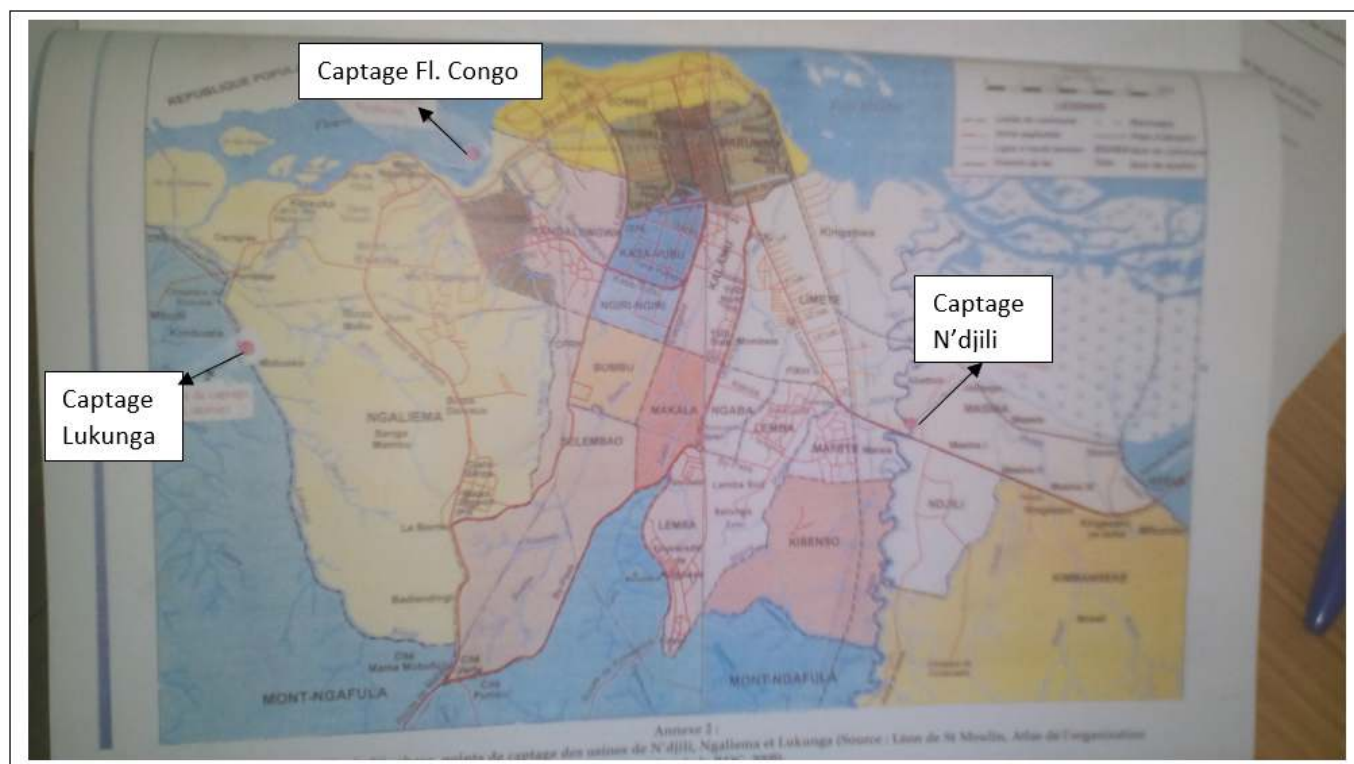


Image 1 : carte hydrographique de la ville de Kinshasa

Source : Léon de St Moulin, Atlas de l'organisation administrative de la RDC, 2005, traitement personnel.

Le tableau ci-contre renseigne sur les méthodes d'analyse utilisées pour chacun des paramètres.

Tableau 1. Paramètres et méthodes d'analyse paramétrique

Paramètres	MO	MES	T	pH	T°	SD	C°	NO ₃ ⁻	
Méthodes	Oxydo-rédox	Gravimétrie	Néphélométrie	Potentiometrie	Thermométrie	Thermométrie	Thermométrie	SAA	
Paramètres	PO ₄ ³⁻	FeT	Pb	OD	DBO ₅	DCO	Col. Fec	Strépto Fec	E. Coli
Méthodes	SAA	SAA	Oxydation + spectrométrie	Néphélométrie	Dilution	Oxydo-rédox	DTM	DTM	DTM

Légende :

SAA= Spectroscopie d'Absorption Atomique

DTM= Dilution à Tubes Multiples

3 RÉSULTATS

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats d'analyses environnementales, physico-chimiques et bactériologiques (eau brute et eau traitée).

3.1 RÉSULTATS D'ANALYSES ENVIRONNEMENTALES

3.1.1 RIVIÈRE N'DJILI

Dans l'environnement direct (le long de la rivière) et indirect (bassin versant) de la rivière N'djili, il a été constaté la présence : des morceaux de verres, des bouteilles de boissons alcoolisées et autres, des feuilles de chikwanges, des ordures ménagères, des déchets médicaux, des boîtes de conserve, l'utilisation des engrais chimiques (NPK), fumiers et fertilisants à base de fientes de volailles et excréments d'animaux, des sédiments du sable silicifié, des sites d'élevage des porcs, poules et canards, des particules métalliques (fer, plomb et alliages), des lieux de baignade et lavage des linges, lavage des légumes et trempage des cosettes de manioc, extraction de la terre jaune, des matières plastiques, des condoms, matières fécales et tuyaux de rejet des fosses septiques, eaux usées ménagères, des emballages de détergents et détergents périmés en grande quantité, etc.. Il y a lieu de signaler que le fait que le captage soit situé près du boulevard Lumumba constitue un risque potentiel de pollution par la fumée des tuyaux d'échappement des véhicules à moteurs ; aussi nous estimons que, de manière indirecte (diffuse) le cimetière de Kimbanseke situé à plus ou moins 3 km de la rivière N'djili, représente un risque potentiel de pollution de la rivière par infiltration des eaux de pluie ou par éboulement, à partir du ruisseau « mayi ya ba Nsimba » dont la source y est localisée. Le pipeline est aussi un danger potentiel pour la rivière au cas de trouaison, car il traverse la rivière « Busengo », affluent de la N'djili à au moins trois mètres seulement de celle-ci et longe la rivière N'djili dès son entrée de la commune portant son nom.

3.1.2 FLEUVE CONGO

Lors de notre descente de reconnaissance du fleuve et ses environs, nous y avons constaté la possibilité d'être pollué par : des matières fécales via le rejet direct des fosses septiques dans la rivière Gombe, des graisses et huiles de vidange rejetées par certains garages dans les cours d'eau, des excréments des porcs, fientes des poules et canards, des engrais chimiques, des ordures ménagères solides et liquides, des rejets des eaux usées ménagères et hospitalières, des papiers et des plastiques, des éboulements, de la matière organique, des morceaux de fer, de la soudure industrielle et artisanale (fabrication et dépannage des barges et bateaux), des bateaux et vieux bateaux corrodés, des rejets des huiles végétales, et des ateliers de soudure et montage de barges et bateaux, de la sciure des bois, grumes et reste des grumes, des stations de carburant pour approvisionner les bateaux, des rejets industriels (Marsavco, etc.), de la fumées d'échappement des véhicules à moteurs, etc.

3.1.3 RIVIÈRE LUKUNGA

Dans l'environnement proche et lointain de cette rivière, le constat ci-après a été fait : l'utilisation des engrais chimiques et pesticides, des fumiers et fertilisants à base de fientes des poules, des eaux usées domestiques, des garages éparpillés au sein du bassin versant, des ordures ménagères, et déchets hospitaliers, des ateliers de soudure, des rejets d'eaux usées de porcherie et poulaillers, des jardins potagers, des sédiments sableux dû aux éboulement des sols, des excréments des porcs, fientes des poules et canards issus des multiples fermes d'élevages le long de la rivière, de la litière issue de la chute des feuilles d'arbres (matière organique).

Remarque : au regard des résultats de l'analyse environnementale, il y a lieu de souligner que les sources de captage de la REGIDESO concernées dans cette étude subissent dangereusement des influences néfastes de l'environnement (milieux) qu'elles traversent. Les images ci-dessous illustrent la situation actuelle de notre milieu d'étude.



Cet échantillon d'images témoigne de la vulnérabilité du milieu kinois et des cours d'eau qui le traversent

3.2 RÉSULTATS D'ANALYSES DE L'EAU BRUTE ET TRAITÉE

Nous présentons les résultats d'analyses de laboratoire de l'eau brute dans deux tableaux différents. Le premier donne les résultats d'analyses physico-chimiques et le deuxième présente ceux d'analyses bactériologiques.

3.2.1 RÉSULTATS D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Les données repris dans le tableau ci-dessous représentent les moyennes arithmétiques des résultats des six échantillons prélevés à chaque site.

Tableau 2. Résultats d'analyses physico-chimiques et normes de potabilité de l'eau

Analyse	Unité	N'djili			Ngaliema			Lukunga			Norme
		ENT	ETR	TR (%)	ENT	ETR	TR (%)	ENT	ETR	TR (%)	
MO	mg/l	20	3,3	83,5	31	4,8	85	17	4	76	5
MES	mg/l	27	8	70,4	21	3	86	54	3,2	95	0
Turb	NTU	70	1,9	97,3	25	2,8	89	66	2,9	96	5
pH		7,0	7,8	-11,4	6,9	6,3	9	7,0	6,9	1	6,5-8,5
T°	°C	25,4	25	1,57	25,6	25	2	25	25	0	25
Sel dissous	mg/l	28	59,6	-113	53	62,3	-18	43	61,6	-43	-
Conductivité	μS/C	28,1	60,6	-116	53,5	62,5	-17	43,9	62,3	-42	400
Nitrates	mg/l	1,12	2,3	-105	1,7	2,2	-29	1,9	2,3	-21	25
Phosphate	mg/l	0,12	0,1	17	0,12	0,1	17	0,1	0,05	50	1,5
Fer total	mg/l	1,72	1,62	6	1,85	1,52	18	2,8	1,8	36	0,05
Plomb	μg/l	0,15	0	100	0,51	0	100	0,1	0	100	50
O ₂ dissous	mg/l	5,0	7,7	-54	4,6	6,1	-26,1	4,0	8,1	-102,5	10
DBO ₅	mg/l	72,8	3	95,8	66,2	6	91	106	5	95	6
DCO	mg/l	182	16	91,2	155	18	88,4	251	21	92	10

Légende :

ENT = Eau non traitée

TR = Taux de Rabattement ou Taux de Traitement = $100 - \frac{ENT}{ETR} \times 100$

ETR = Eau Traitée

3.2.2 RÉSULTATS D'ANALYSES BACTÉRIOLOGIQUES

Tableau 3. Résultats d'analyses bactériologiques

Usine/analyse			Col.fécaux	Str. fécaux	Esh. coli
Normes			0 colonie dans 100 ml d'échantillon		
N'djili	Eau non traitée (nombre de colonies dans 100ml d'eau)		223834	2940	20000
	Eau traitée	NEA	564	564	564
		NEC	556	555	556
		NENC	8	9	8
Ngaliema	Eau non traitée (nombre de colonies dans 100ml d'eau)		317250	2320	6500
	Eau traitée	NEA	36	34	25
		NEC	31	29	21
		NENC	5	5	4
Lukunga	Eau non traitée (nombre de colonies dans 100ml d'eau)		272250	3815	14000
	Eau traitée	NEA	21	21	21
		NEC	19	19	19
		NENC	2	2	2

NEA : Nombre d'échantillons analysés

NEC : Nombre d'échantillons conformes

NENC : Nombre d'échantillons non conformes

Les résultats d'analyse bactériologique de l'eau non traitée sont issus de nos échantillons tandis que ceux de l'eau traitée sont issus de l'analyse documentaire des archives du laboratoire de la REGIDESO sur une période d'un an.

4 DISCUSSION ET ANALYSE DES DONNÉES

4.1 RAPPORT ENVIRONNEMENT- EAU NON TRAITÉE

Les eaux naturelles ne sont pas souillées à la source sauf si la source se trouvent dans un milieu déjà pollué ; elles subissent l'influence du milieu qu'elles parcourent et qui la suie et la rend souvent impropre et/ou en complique les procédés habituelles de traitement.

Les résultats des colonnes 3, 6 et 9 du tableau 2 et colonnes 2, 3 et 4 aux lignes 3, 7 et 11 du tableau 3 sont une preuve que le milieu kinois influe négativement sur les rivières qui le traversent. En effet, les matières organiques, les matières en suspension, l'oxygène dissous, la demande biologique en oxygène, la demande chimique en oxygène et le fer total des eaux non traitées sont hors normes du point de vue physico-chimique tandis que tous les paramètres bactériologiques analysés dépassent très largement les normes requises pour l'acceptabilité de l'eau dans un processus de traitement à procédé normal comme renseigne le tableau ci-dessous.

Tableau 4. Résultats d'analyse de l'eau brute et valeurs guides

Paramètres	Unités	N'djili	Ngaliema	Lukunga	Valeur guide*
MO	mgO ₂ /l	20	31	17	< 10
MES	mg/l	27	21	54	25
Turb	NTU	70	25	66	-
pH		7,0	6,9	7	5,5 – 9
T°	°C	25,4	25,6	25	25
Sel dissous	mg/l	28	53	43	-
Conductivité	µS/C	28,1	53,5	43,9	1000
Nitrates	mg/l	1,12	1,7	1,9	50
Phosphates	mg/l	0,12	0,12	0,10	0,7
Fer	mg/l	1,72	1,85	2,8	2
Plomb	µg/l	0,15	0,51	0,1	50
O ₂ dissous	mg/l	5	4,6	4,0	>4,3
DBO ₅	mg/l	72,8	66,25	106	< 5
DCO	mg/l	182	155	251	< 50
Col. Fécaux	Col/100 ml	223834	317250	272250	< 20000
Stré.Fécaux	Col/100 ml	2940	2320	3815	< 10000
Escherichia Coli	Col/100 ml	20000	6500	14000	-

Source : J. Rodier*, pp 1143-1150 (6) plus résultats des tableaux 2

Les valeurs marquées en rouge dans le tableau 4 sont hors normes. En effet, les résultats témoignent que les eaux captées par la REGIDESO sont riches en matière oxydable, et matières organiques (DBO₅, DCO), indiquent la teneur très élevée des coliformes fécaux, streptocoques fécaux et Escherichia Coli dans les trois sites ; tandis que les eaux captées par deux sites (N'djili et Lukunga) sont riches aussi en Matières en suspension tandis que la teneur en Oxygène dissous d'un site (Lukunga) n'est pas satisfaisante. Ces résultats indiquent la pollution des ressources en eau traversant la ville de Kinshasa par des rejets d'égouts, les matières fécales humaines et animales, les matières organiques biodégradables et non biodégradables, etc. (Tangou T) (7). La teneur en MES au niveau du captage de Ngaliema se trouve encore dans les normes requises. Ceci serait dû au débit (volume et vitesse) important qu'ait le fleuve Congo, capable de diluer d'importantes substances colloïdales et de provoquer l'autoépuration rapide de l'eau. Les teneurs en oxygène dissous sont à la limite de la norme à part Lukunga qui l'a déjà légèrement dépassé. En effet, le débit de la rivière Lukunga est faible et le lit encombré par des sédiments sableux ; ceci serait donc à la base de la consommation de l'oxygène dissous par les microorganismes présents dans ces eaux et entravant ainsi l'autoépuration de l'eau de cette rivière. Pareilles résultats ont été obtenus par d'autres chercheurs parmi lesquels Musibono (8) et (9), Nsimanda et all (10).

Les résultats ci-dessus indiquent des caractéristiques pareilles à celles des eaux usées d'autres pays et qui subiraient des prétraitements avant d'être déversé dans le milieu.

Il y a lieu de souligner cependant que sous d'autres cieux, en Suisse par exemple, les eaux usées subissent des traitements intensifs et sont injectées par la suite dans le circuit de traitement de l'eau de consommation. Qu'en est-il des techniques de traitement utilisées par la REGIDESO ? Cette préoccupation trouve sa réponse dans le paragraphe précédent.

4.2 RAPPORT EAU NON TRAITÉE - EAU TRAITÉE

Nous venons de démontrer que les eaux des rivières étudiées dans ce travail ne sont pas saines au niveau des points de captage. Dans ce paragraphe, nous voulons montrer l'efficacité ou l'inefficacité des techniques de traitement utilisées par la REGIDESO, dans le traitement de l'eau (polluée) destinée à la consommation humaine.

Les colonnes 5, 8 et 11 du tableau 2 donnent les taux de rabattement paramétrique en physico-chimie. Elles constituent un indicateur d'approbation ou de désapprobation des techniques de traitement des eaux actuellement utilisées par la REGIDESO.

En effet, de 14 paramètres analysés en physico-chimie trois comportements différents sont observés :

1. Ont subi des rabattements significatifs ($\geq 50\%$) : le MO, les MeS, la Turbidité, le Pb, la DBO₅ et la DCO ;
2. Ont subi des rabattements non significatifs ($\leq 50\%$) : la température, les phosphates et le fer total ;
3. Ont subi un accroissement au cours du processus de traitement : l'oxygène dissous, le pH, les sels dissous, la conductivité et les nitrates.

Ceci prouve que l'eau des rivières et fleuve en étude a subi certaines transformations profondes, un traitement très significatif par la REGIDESO. Mais ce traitement a-t-il été à la hauteur de rendre potable l'eau destinée à la consommation humaine ? Le paragraphe suivant répond à cette préoccupation.

4.3 RAPPORT EAU TRAITÉE – NORMES DE L'EAU POTABLE

Chaque pays doit définir normalement ses normes de traitement de l'eau. Malheureusement la République Démocratique du Congo n'en a pas jusqu'à ce jour. C'est pourquoi, nous nous sommes référés aux normes de l'OMS et d'autres pays « européens » pour comparer les résultats de cette étude.

Ce paragraphe répond à l'inquiétude du paragraphe précédent. L'eau issue d'un environnement pollué et traitée par la REGIDESO, est-elle vraiment potable ? Notons bien que cette étude ne s'étend pas au réseau de distribution, mais à l'eau avant sa sortie d'usine.

De la comparaison deux à deux des colonnes 4-12, 7-12 et 10-12 du tableau 2, nous dégagons le constant suivant :

1. Ont subi une transformation mais sont restés hors normes : les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO) et le fer totale (FeT) ;
2. Ont subi une transformation non nécessitée : il s'agit du potentiel en hydrogène (pH), de la température (T°), des nitrates (NO₃), de la conductivité (C) et des sels dissous (SD) ;
3. Ont subi une transformation et ont été ramenés dans les normes : les matières oxydables (MO), la turbidité (T), les phosphates (PO₄), le plomb (Pb), l'oxygène dissous (OD) et la demande biochimique en oxygène (DBO).
4. Le tableau ci-après permet l'interprétation des paramètres bactériologiques :

Tableau 5. paramètres bactériologiques et valeurs guides OMS

Paramètres	Valeurs guides OMS	Interprétation
Coliformes thermo tolérants	0/100 ml	Indicateurs de pollution fécale
Streptocoques fécaux	Pas de normes	Indicateurs de pollution fécale
Coliformes totaux	0/100 ml dans 95% des échantillons d'eaux traitées	Indicateurs d'efficacité du traitement (désinfection) ; ne signalent pas nécessairement une pollution fécale

Source : www.wikiwater.fr (11)

Nota : selon l'OMS, l'indicateur le plus précis pour estimer la pollution fécale est en fait *Escherichia coli*, membre du groupe des coliformes thermo tolérant.

Or, du tableau 3, dans sa colonne 4 aux lignes 6, 10 et 14, il ressort bactériologiquement parlant, que 1,4%, 13,9% et 9,5% d'échantillons d'eau traitée respectivement aux usines de N'djili, Ngaliema et Lukunga sont non conformes.

5 CONCLUSION ET SUGGESTION

Au terme de cette étude intitulée « analyse environnementale des sites de captage d'eau de la REGIDESO à Kinshasa », nous avons axé toute notre méthodologie à vérifier si l'environnement kinois pollué influe sur les sources de captage de la REGIDESO, et que la REGIDESO utilise les techniques appropriées pour purifier ces eaux contaminées. Trois types d'analyses ont été appliquées pour ce faire à savoir : l'analyse du milieu (recherche des différents polluants en amont du captage), l'analyse des eaux non traitées (échantillonnées au captage) et l'analyse de l'eau traitée (échantillonnée à la sortie d'usine).

Les résultats d'analyse du milieu prouvent la présence dans l'eau ou dans le milieu environnant, des substances susceptibles de contaminer les eaux des rivières en étude. Par ailleurs, après analyse des eaux non traitées, nous constatons qu'effectivement celles-ci sont contaminées par ces polluants extérieurs et enfin, vérifiant l'efficacité des techniques de la REGIDESO, le constat est que les efforts fournis par cette entreprise sont énormes mais limités par le fait que leurs résultats sont applicables aux humains. Ainsi par exemple, si nous considérons les nombres de personnes qui font ont utilisé l'eau au moment où il y a eu défaillance de traitement, il y a lieu de dire que les efforts tant consentis par cette entreprise sont sans beaucoup de considération et nécessite des améliorations dans leurs procédés de traitement de l'eau.

Nous suggérons :

- L'érection des périmètres francs de protection des stations de captage ou carrément la délocalisation des sites de captages des milieux de concentration humaine vers les milieux encore assainis ;
- La mise en place d'une station de prétraitement des eaux avant leurs transferts à la station de traitement proprement dit.

RÉFÉRENCES

- [1] Musibono D. (2006), du marasme d'un Etat squelette aux défis du développement : gestion de l'environnement au Congo Kinshasa : cueillette chronique et pauvreté durable, Chaire Unesco, Kinshasa.
- [2] PNUD/UNOPS, PNUE (1999), l'avenir de l'environnement mondial 2000, de Beck, Université.
- [3] Kamathe Katsongo (2010), alternative de partenariats pour la gestion de l'eau potable dans les quartiers pauvres des zones urbaines : cas de Kinshasa, Thèse de doctorant, Université de Montréal, Canada.
- [4] Ngimbi Butu (2004-2005), contribution à l'étude de la qualité environnementale des eaux de surface : cas de rivières Lukaya, mémoire inédit, UNIKIN.
- [5] Beya Tshebwe (2005), influence de la dégradation du bassin versant de la rivière N'djili, mémoire inédit, UNIKIN.
- [6] Rodier J. (1984), l'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, édition Dunod, Bordas, Paris.
- [7] Tangou Tabu T. (2016), chimie de l'environnement : pollutions et nuisances, PUK, Kinshasa.
- [8] Musibono (1998), toxicological studies of the combined effect of Al on the growth of the amphipod paramelita nigroculus B. exposed to mixtures of Cu and Mn acid waters, Water Research, vol 33(1), 213-219).
- [9] Musibono, (1992), qualité de l'eau et aquaculture : une approche d'écodéveloppement, MTD Engineering, Kinshasa.
- [10] Nsimanda et al. 2015, étude préliminaire de contamination au cadmium et au plomb de *Districhodus fasciolatus*, *Mormyrops anguiloide* et *Scilbe mistus* au Pool Malebo (fleuve Congo Kinshasa/RD Congo) à Kinshasa, in *International Journal of Information and Scientific Research*, ISSN 2351-8014, Vol 34, N° 1, Déc. 2017, pp1-7
- [11] www.wikiwater.fr consulté le 13 juin 2017.

Carte de synthèse de la qualité des eaux superficielles du bassin versant de l'Oued Inaouen (Maroc)

[Synthetic map of the quality of the surface waters of the Oued Inaouen watershed (Morocco)]

M. BEN ABBOU¹, L. BOUGARNE¹, M. ZEMZAMI³, and M. EL HAJJ²

¹Laboratoire des Ressources Naturelles, Faculté Polydisciplinaire de Taza, B.P 1223 Taza Gare, Maroc

²École nationale supérieure d'électricité et de mécanique (ENSEM), Route d'El Jadida, BP 8118 Oasis, Université Hassan II, Casablanca, Maroc

³Ministère Délégué auprès du Ministre de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Chargé de l'Eau, Rabat, Maroc

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present work is the result of a study that was carried out over the period 2010-2012, the objective of which was to determine the state of quality and the development of the synthesis maps of the surface waters of the basin. the Oued Inaouen slope, based mainly on the study of the physicochemical and bacteriological parameters of the surface waters. The analyze were performed on 26 well-distributed sampling points at the Oued Inaouen watershed using standard methods. The results of the analyzes revealed a spatio-temporal differentiation along the Wadi Inaouen watershed, following the intervention of natural and anthropogenic factors. The right bank of the basin is characterized by significant mineralization. On the other hand, the left bank is characterized by fresh water, reflecting the effect of limestone and Liassic dolomites of the Middle Atlas on the chemical composition of the water. This state of pollution is more marked downstream, in the stations that receive more rejects. Added to this are the climatic conditions of the region, which are characterized by very low flows of wadis upstream to dry during the summer season. The origin of this pollution is related to household and industrial discharges (especially waterlogs) dumped without treatment in watercourses, and the leaching of agricultural lands, as a result of the use of fertilizers, with an enrichment of much more important in summer and autumn.

KEYWORDS: Synthetic map, Inaouen catchment area, surface water, physicochemical quality, spatio-temporal.

RÉSUMÉ: Le présent travail, est le fruit d'une étude qui s'est étalée sur la période 2010–2012, dont l'objectif était de déterminer l'état de la qualité et l'élaboration des cartes de synthèse des eaux superficielles du bassin versant de l'Oued Inaouen, en se basant essentiellement sur l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux superficielles. Les analyses ont été effectuées sur 26 points de prélèvement bien répartis au niveau du bassin versant de l'Oued Inaouen selon des méthodes normalisées. Les résultats des analyses ont fait ressortir une différenciation spatio-temporelle, le long du bassin versant de l'Oued Inaouen, à la suite d'intervention des facteurs naturels et anthropiques. La rive droite du bassin se caractérise par une importante minéralisation. Par contre, la rive gauche se caractérise par une eau douce, traduisant l'effet des calcaires et des dolomies liasiques du Moyen Atlas sur la composition chimique des eaux. Cet état de pollution est plus marqué en aval, dans les stations qui reçoivent plus de rejets. A cela se sont ajoutées les conditions climatiques de la région, qui se caractérisent par des débits des Oueds en amont très faibles à sec durant la saison d'été. L'origine de cette pollution est liée aux rejets ménagers et industriels (surtout les margines) déversés sans traitement dans les cours d'eau, et au lessivage des terres agricoles, à la suite de l'utilisation des engrais, avec un enrichissement d'autant plus important en été et en automne.

MOTS-CLEFS: Carte de synthèse, Bassin versant d'Inaouen, Eaux de surface, qualité physico-chimique, spatio-temporelle.

1 INTRODUCTION

Au Maroc, de nombreuses études internationales et nationales, ont été réalisées afin d'évaluer la qualité physico-chimique des cours d'eaux dans différentes régions et en particulier au niveau de Tadla [1], El-Jadida [2], Meknès [3], bassin de Sebou [4], El Haouz de Marrakech [5], etc. Ces travaux ont révélé des risques potentiels qui se posent avec une acuité grandissante liée aux problèmes de pollution et de leur impact sur la qualité des eaux de surface et celles souterraines. En effet, la croissance démographique importante, l'extension des terres agricoles et l'intensification de l'agriculture, ainsi que le développement de l'industrie sont les principaux facteurs qui sont à l'origine de pollutions variées affectant l'air, le sol, les ressources en eaux souterraines mais aussi et surtout les eaux superficielles.

Les eaux du bassin versant de l'Oued Inaouen n'échappent pas à un tel phénomène. Ainsi, une étude physicochimique s'avère primordiale afin de compléter les connaissances exhaustives des sources de pollutions, de valoriser les déchets responsables de cette pollution et d'assurer les préventions nécessaires pour une gestion intégrée des ressources en eaux adaptée aux différents besoins, en particulier, les besoins en alimentation en eau potable et l'irrigation, tout en conciliant le développement socioéconomique et la préservation de l'environnement.

Pour se faire, plusieurs paramètres physico-chimiques ont été mesurés dans le but d'acquérir des données sur les caractéristiques de cette eau : Température, pH, conductivité, dureté totale, alcalinité, ions calcium, ions potassium, ions sodium, sulfates, etc., et de connaître l'impact des rejets des effluents de la ville de Taza et des centres ruraux sur la qualité des eaux : DBO5, DCO, MES, nitrates, chlorures, Orthophosphates, etc. En se basant sur le principe que les éléments chimiques sont des indicateurs de l'histoire de l'eau, ils peuvent être utilisés comme des traceurs naturels révélant l'aspect chimique des eaux [6].

Pour déterminer la qualité physico-chimique des eaux du bassin versant de l'Oued Inaouen, nous avons choisi d'une part, d'étudier l'évolution spatio-temporelle de ces paramètres et d'autre part, de classer les eaux de ce bassin versant en comparant les résultats obtenus aux normes nationales et internationales.

L'évolution de ces paramètres physico-chimiques éclaircira leur influence sur la répartition des biocénoses aquatiques : Sélection des organismes aquatiques en un lieu donné. En effet, ces organismes ont une gamme de tolérance vis-à-vis des paramètres physico-chimiques tels que le pH, la température, l'oxygène dissous, ... etc.

Les résultats de cette étude seront exposés en discutant les paramètres mesurés, notamment les mesures effectuées in situ et celles effectuées au laboratoire. Nous avons choisi de présenter chaque paramètre dans une courbe d'évolution de sa moyenne et de son écart type calculés sur les deux campagnes d'étude (2010-2011) et (2011-2012) : Variation longitudinale de la moyenne et de l'écart type. Par ailleurs, Les valeurs maximales et minimales des paramètres étudiés seront reportées avec leur moyenne dans un tableau.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude, se limite au bassin versant de l'Oued Inaouen en amont du barrage Idriss Ier dont la superficie totale mesurée est de l'ordre de 3396 km² (Figure 1). Il constitue 8,3% du bassin de Sebou en amont du barrage Idriss Ier. Il se limite à l'Est par le bassin versant de la moyenne Mouloya, au Nord-Ouest par celui du haut Ouergha et au Sud par celui du haut Sebou. Ce bassin draine principalement des formations marneuses du relief Pré-rifain au niveau de la rive droite, alors qu'au niveau de la rive gauche, il draine principalement les formations carbonatées du Causse moyen atlasique.

Du point de vue topographique, le bassin versant présente des variations d'altitude entre 500 et 2000 m. Les plus fortes parmi elles sont localisées au niveau du Causse moyen atlasique, ce qui explique la tombée de neige au niveau de cette zone en période hivernale.

La densité du réseau hydrographique au niveau du bassin est influencée par la nature lithologique. Elle est en général, très dense dans les terrains marneux du Pré-rif et du couloir Sud rifain et lâche dans les formations carbonatées du Causse moyen atlasique.

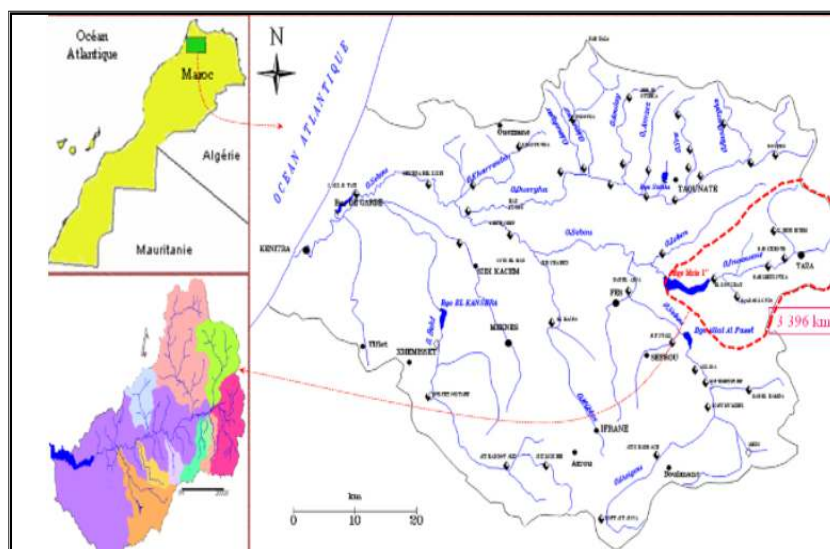


Fig. 1. Situation géographique du bassin et sous bassin versant de l'Oued Inaouen

2.2 PROTOCOLE EXPERIMENTAL

2.2.1 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

La fréquence d'échantillonnage adoptée durant la période d'étude (2010 - 2012) était d'un prélèvement par mois. Quinze paramètres ont été mesurés. Cinq de ces paramètres [7] l'ont été sur le terrain : la température, la conductivité, le pH à l'aide d'un multi-paramètre analyser Type CONSORT – Modèle C535, la turbidité à l'aide d'un turbidimètre Type HACH-Modèle 2100P et l'oxygène dissous par la méthode de titrage de Winkler.

Le choix des points d'échantillonnage est présentatif (Figure 2), le prélèvement, le transport et la conservation des échantillons d'eau font référence au protocole et procédures défini par l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) [8,9].

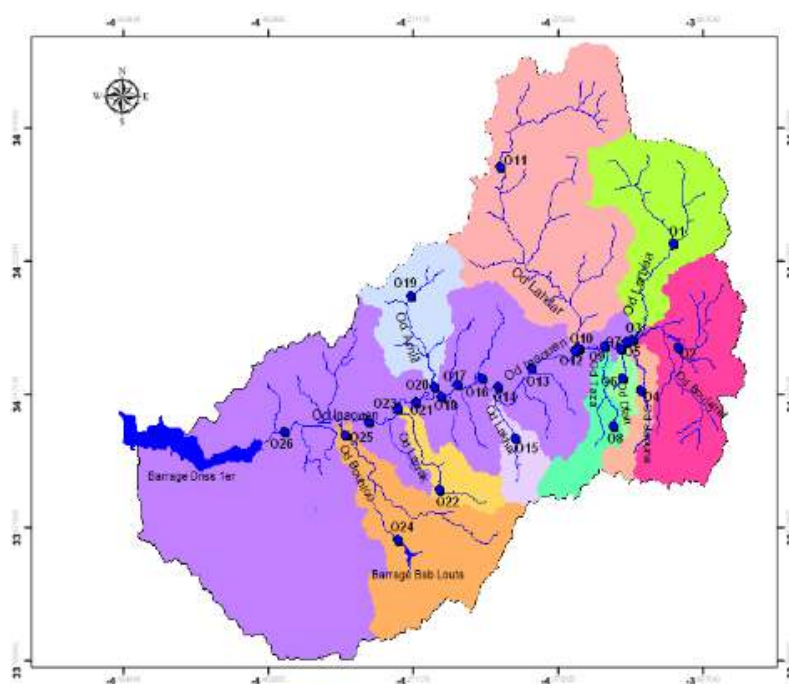


Fig. 2. Situation des points d'échantillonnage

Les méthodes utilisées au sein du Laboratoire des Ressources Naturelles et Environnement de la Faculté Polydisciplinaire de Taza sont : la volumétrie pour les bicarbonates, les chlorures, le calcium et le magnésium ; la spectrophotométrie d'absorption moléculaire pour les sulfates, les nitrates, les nitrites, les ions ammoniums et les orthophosphates et la spectrophotométrie à flamme pour le sodium et le potassium. La DBO5 est déterminée par un OXITOP, La DCO est déterminée par l'oxydation en milieu acide par l'excès de dichromate de potassium à la température de 148°C des matières oxydables dans les conditions de l'essai en présence de sulfate d'argent comme catalyseur et de sulfate de mercure et la matière en suspension (sur une membrane de 0,45 μm) [10,11].

2.2.2 ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

L'étude des paramètres bactériologiques a porté sur la quantification des paramètres d'origine fécale: coliformes fécaux (CF), coliformes totaux (CT) et streptocoques fécaux (SF). Les prélèvements ont été effectués d'après la procédure de prélèvement et d'analyse de l'ONEP [10] avec une fréquence mensuelle. Le dénombrement des CF, CT et SF a été effectué selon la méthode indirecte de fermentation en tube multiple dans un bouillon lactosé; le nombre a été ensuite déduit statistiquement suivant la méthode du nombre le plus probable [11].

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats obtenus, suite aux différents prélèvements effectués durant cette étude, nous ont permis de réaliser les figures, ci-dessous, en se basant sur les normes de qualité des eaux surfaces [12] (Figures 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10).

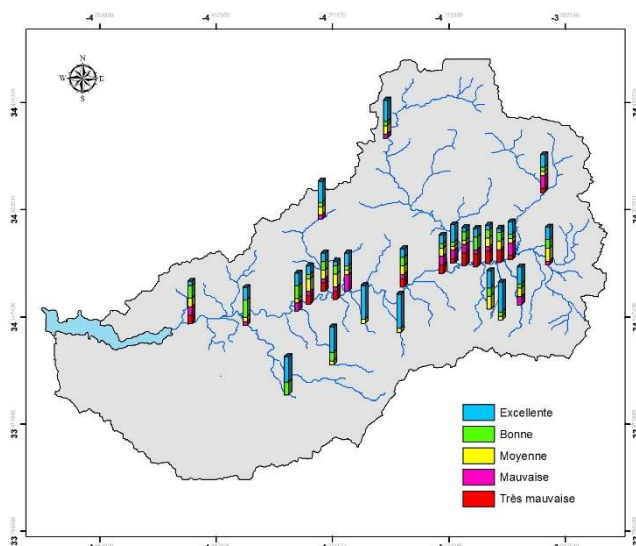


Fig. 3. Qualité détaillée des cours d'eaux du Bassin versant d'Inaouen en Printemps 2010-2011

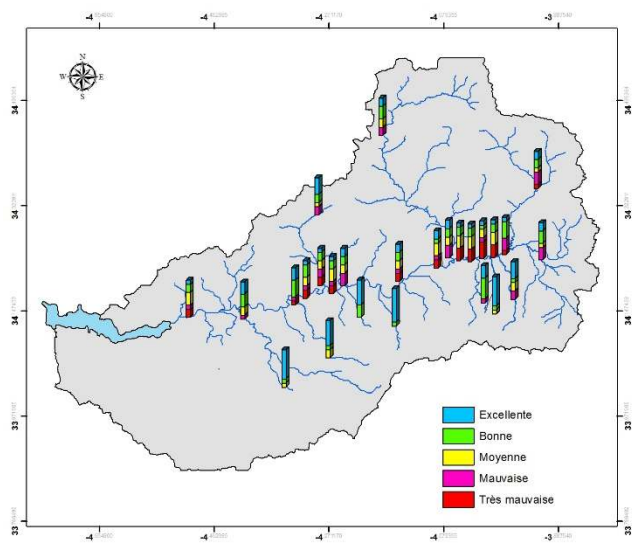


Fig. 4. Qualité détaillée des cours d'eaux du Bassin versant d'Inaouen en Printemps 2011-2012

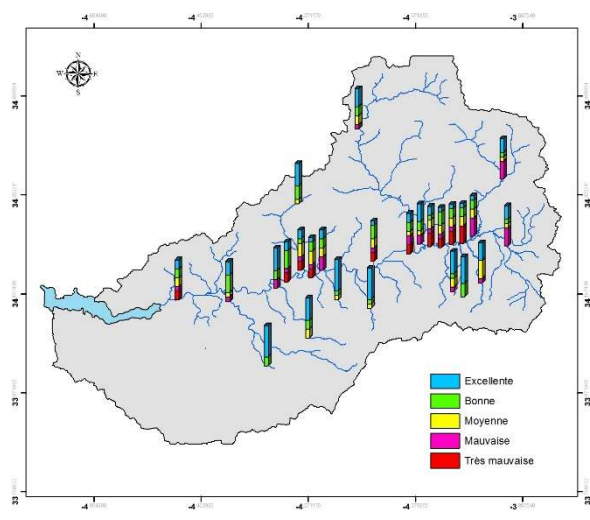


Fig. 5. Qualité détaillée des cours d'eaux du Bassin versant d'Inaouen en Hiver 2010-2011

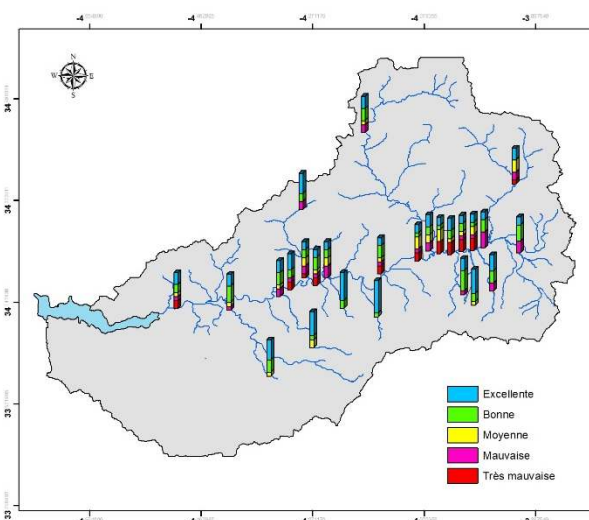


Fig. 6. Qualité détaillée des cours d'eaux du Bassin versant d'Inaouen en Hiver 2011-2012

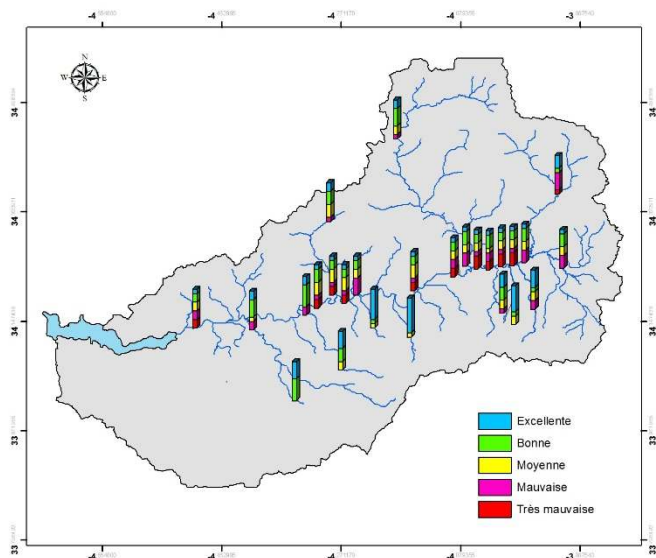


Fig. 7. Qualité détaillée des cours d'eaux du Bassin versant d'Inaouen en Automne 2010-2011

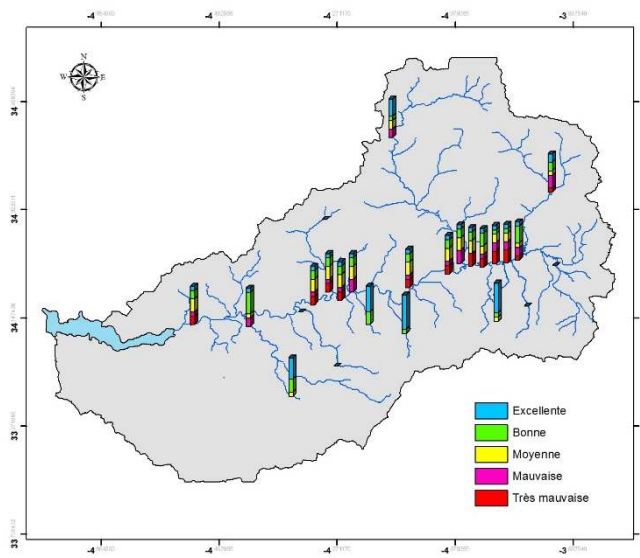


Fig. 8. Qualité détaillée des cours d'eaux du Bassin versant d'Inaouen en Automne 2011-2012

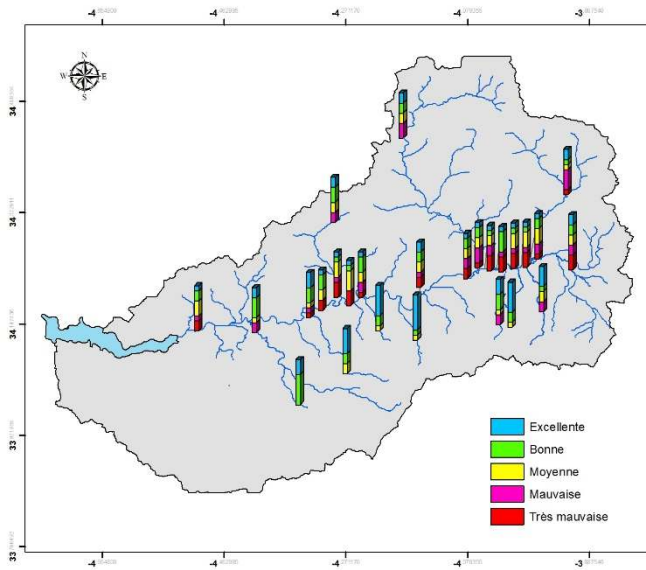


Fig. 9. Qualité détaillée des cours d'eaux du Bassin versant d'Inaouen en Été 2010-2011

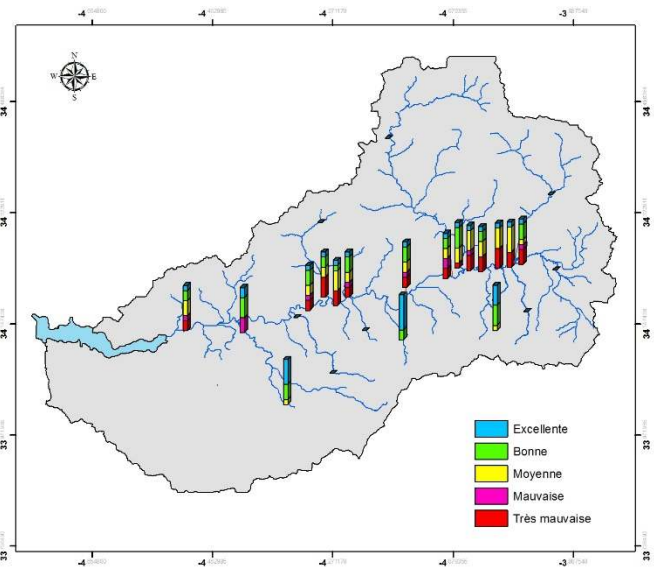


Fig. 10. Qualité détaillée des cours d'eaux du Bassin versant d'Inaouen en Été 2011-2012

Les cartes de synthèses de la qualité des eaux de surface, montrent que les paramètres représentatifs des indicateurs de la pollution des eaux durant toutes les saisons augmentent progressivement lors de leur traversé des agglomérations de la ville de Taza et des centres urbains et ruraux (O3, O5, O7, O9, O10, O18 et O20). Les paramètres précités, placent les cours d'eau du bassin versant de l'Oued Inaouen dans une situation de qualité excellente à bonne dans les stations amont et à pollution sensible à critique dans les stations aval avec une qualité mauvaise à très mauvaise.

On peut dire que les stations avals des cours d'eau connaissent une importante pollution organique comme montrent les cartes de qualité détaillée, qui sont toute nettement en dehors des valeurs limites générales des rejets [12]. En effet, le rejet des margines, des eaux usées et des déchets solides qui sont directement déversés dans les cours d'eau au niveau de la ville de Taza et les centres urbains et ruraux altère la qualité de ces eaux (O5, O7, O9, O10, O18 et O20) au point qu'elles peuvent pratiquement être assimilées à des eaux d'égouts.

4 CONCLUSION

L'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux du bassin versant de l'Oued Inaouen, montre que la qualité de ces eaux se trouve influencée, d'une part, par la nature des formations lithologiques drainées par ces affluents. En effet, les stations de la rive droite et celles de la partie Sud rifaine présentent une conductivité importante à la suite de la dissolution des formations marno-calcaires du jurassique. Par contre la rive gauche de l'Oued caractérisé par une faible concentration en conductivité électrique.

D'autre part, l'action anthropique joue un rôle important dans la dégradation de la qualité des eaux du bassin versant par les rejets domestiques, industriels (essentiellement les margines) et agricoles déversés sans aucun traitement préalable, particulièrement, dans les cours d'eau qui traversent la ville de Taza. Ces eaux peuvent, au cours de la saison sèche, constituer des risques de transfert de pollution et des menaces de contaminations lors des usages agricoles.

Le suivi spatio-temporel de plusieurs paramètres physico-chimiques nous a fourni l'image d'une pollution relativement intense qui se traduit par une importante charge minérale et organique à l'aval des rejets en été et en automne. Cet état est accentué dans les stations avals qui reçoivent des rejets urbains et industriels. La dilution des eaux de l'Oued Inaouen au cours de la période des crues en hiver et au printemps. Ainsi que par les affluents qui proviennent du Moyen Atlas diminue les charges polluantes générées en période sèche. En outre le rôle de l'autoépuration améliore la qualité de très mauvaise à moyenne des eaux qui entrent au barrage Idriss Ier malgré les apports trop minéralisés et pollués provenant de la ville de Taza, des centres urbains et ruraux, et de la rive droite du bassin.

L'étude de la qualité physico-chimique des eaux du bassin versant de l'Oued Inaouen, montre des valeurs élevées en certains paramètres indicateurs de pollution dans certaines stations, ce qui altère la qualité des eaux.

RÉFÉRENCES

- [1] Hsissou Y., Chauve P., Mania J., Mangin A., Bakalowicz M., et Gaiz A., (1996): Caractérisation des eaux de l'aquifère Turonien du bassin du Tadla (Maroc) par le rapport des concentrations molaires sr^{2+}/ca^{2+} . Journal of Hydrology, volume 183, issues 3-4, p: 445,451.
- [2] Khoulaïd F., Younsi A., Mehdi K., et Veron A., (2005): Etude de l'impact des lixiviats sur les eaux souterraines (décharge publique d'El Jadida, Maroc): hydrogéologie, Bouchaou, 1995 géo-électrique, hydrochimie et isotopes. 3ème journée internationale des géosciences de l'environnement. El Jadida.
- [3] Chahlaoui A., (1996): Etude hydro biologique de l'Oued Boufekrane (Meknès), Impact sur l'environnement et la santé. Thèse d'Etat. Fac. Meknès. P: 234.
- [4] Benaabidate. L, (2000): Caractérisation du bassin versant de Sebou VF, Hydrologie, Qualité des eaux et Géochimie des sources thermales. Thèse en Hydrologie à FST- sais, p : 250.
- [5] Boukhari K., Er rouane S. et Gouzrou. A, (2005) : Apports des analyses physicochimiques et biologiques à la Connaissance de la qualité des eaux de la plaine de Mejjate (Haouz Occidental, Maroc). 3ème Journées Internationales des Géosciences de l'Environnement. Université Chouaib Doukkali - Faculté des Sciences El Jadida.
- [6] Bakalowicz M., (1988): Géochimie des sources carbonatées des Corbieres et formations de travertins, travaux UA 903. CNRS et ATP-Piren, n°XVII, les Edifices Travertineux et Environnement Dans le Midi de la France, Aix-en Provence, p : 209-225.
- [7] Ministre de l'aménagement des territoires de l'eau et de l'environnement. Études de choix du site pour l'implantation d'une décharge contrôlée des déchets ménagers et assimilés de la ville de Taza (2004) Mission I ;
- [8] ONEP. Procédure de conditionnement et de conservation des échantillons d'eau (14PQ 07) Direction contrôle qualité des eaux.
- [9] ONEP. Procédure de prélèvement des eaux naturelles, traitées et usées. (2007) Direction contrôle qualité des eaux.
- [10] ONEP. Procédure de conditionnement et de conservation des échantillons d'eau (14PQ 07) Direction contrôle qualité des eaux.
- [11] ABOUZAIID et DUCHESNE. (1984) Direction contrôle qualité des eaux. ONEP.
- [12] SEEE, (2007) Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement : Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité globale des eaux de rivières.

Islamic Law and Neighborhood Building Principles: The Cases of Privacy and Avoidance of Harming

Badre-Eddine EZZITI¹, Mohamed EL HATTACH², and Mohamed EZZITI³

¹University Muhammad ben Abdullah, Faculty of Chariaa, Sais-Fes, Morocco

²School of Humanities and social Sciences, Al Akhawayn University, Ifrane, Morocco

³Department of Islamic Studies, Cadi Ayyad University, Faculty of Arts and Humanities, Marrakech, Morocco

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Muslims believe that Islamic teachings involve guidelines and principles, which should be followed, to all needs of Islamic society, starting from spirituality needs, such as prayer, into economy and politics, including the relationship between human behaviors and the environment, particularly in the field of designing houses and buildings. In this regard, Muslim jurists have derived from the Holy Qur'an and the Prophetic traditions that have direct applications in the domestic sphere. There are many principles and guidelines that should be respected in the design of Muslim homes/neighborhood buildings. This article will follow and explore some of these principles focusing on two as an example; privacy and avoidance harming the right of others because of their significant effect on the neighborhood housing organization in the Islamic culture. The aim is to find out the importance of these principles and guidelines in achieving tranquility (*sakinah*) and peacefulness in homes, in addition to show how people can avoid violating the privacy of the others. All that will be analyzed in the light of the Islamic culture based on the Islamic law, especially the Maliki jurisprudence.

KEYWORDS: Islamic Law, Neighborhood Building, Privacy, Principles, Muslim Homes, and avoidance harming others.

1 INTRODUCTION

Muslim homes contain many values that reflect the traditional Islamic teachings pertaining to the natural world, beauty, and morals and reveal the effect of Islamic teachings on Muslim homes. We would like first to enumerate some of these values with regard to the issue of the Muslim homes design, with the aim to give an account of Islamic neighborhood buildings law.

The one is the spatial value of location - land. Islamic law encourages Muslims to choose the right place for homes. The Quran illustrates this point by stating: "there was for (the tribe of) Sabu' in their dwelling place a sign: two (fields of) gardens on the right and on the left. (They were told), "Eat from the provisions of your lord and be grateful to Him. A good land (have you), and a forgiving Lord" [1]. This verse mentions to the prominence of choosing the right place taken into consideration temperate climate, clean/fresh air, and the availability of the gardens (the idea of paradises) and livelihoods/source of income. According to Abd Al- Rahman bin Zaid, "the miracle of (tribe) Saba' city is that it had never seen insects such as mosquitoes, flea, lice, flies, or scorpion" [2]. In this context, Imam Ali stated: "housing is not desirable, but with three things: good air, plenty of water and fertile ground". He also emphasizes on suitable home and states, blessing of house is its good location, large yard and its neighbours"[3]. Another thing that should be also taken into account (in choosing the right place) is to recognize the direction of the sun and wind. The Quran illustrates this point by stating: "And mention, (O Muhammad), in the Book (the story of) Mary, when she withdrew from her family to a place toward the east" [3]. Imam Tabri in his interpretation to this verse said that "Mary made a place in the side of East, which is the place where the sun shines" [4].

The other is a spiritual value called orientation "Mecca Direction" (Qiblah). Respecting the direction of the Qiblah has a significant impact on the homebuilding even in the ancient times before Islam. In the Quran, "And We inspired to Moses and

his brother, "Settle your people in Egypt in houses and make your houses (facing) the Qiblah and establish prayer and give good tidings to the believers" [5]. According to Imam Ibn Kathir in his exegesis, "Allah order the Moses' believers to make their homes toward the Qibla, or Allah urges them to make their homes similar to Mosques toward the Qiblah to pray in secret because they were afraid the followers of Pharaoh" (p289) [6]. This value of respecting the Qiblah has a major role in determining the design of homes in different places in the Islamic world. For example, in the Central Asian region, the main rooms of traditional house such as sitting rooms and living rooms consistent on a Niche –*Mihrāb*- (in the direction of Mecca) in their western walls (p41) [7]. In addition, in Islamic popular culture, the feet should not be in the direction of the Qiblah, whether in sitting or sleeping, and also it is not allowed for Muslims to design the toilet in the direction of the Qiblah. This is indicated in several hadiths, such as "I am like father to you. When any of you goes to privy, he should not face or turn his back in the direction of the Qiblah" [8]. In another *Hadith*, the Prophet says: "when one of you stands in his prayer, he is in close conversation with his lord or his lord is between him and his Qiblah. Therefore no one should spit in the direction of his Qiblah", [Saḥīḥ Bukhārī, Kitāb Al-Salāh].

Furthermore, speaking in terms of the ethical values, the Islamic law sets up many rules that should be recognized in designing and building houses. The housing, in Islam, should have a minimum of specifications to achieve the main purpose of the house that is a protection of residents from the cold, hot, and the rigors of the external climate. In this sense, the Prophet Muhammad (PBUH) states in a *ḥadīth* reported by Anas ibn Malik: "The Messenger of Allah came out, and on seeing a high-domed building, he said: What is it? His companions replied to him: It belongs to so and so, one of the Ansar. He said: the Prophet says: nothing, but kept the matter in his mind. When its owner came and gave him a greeting among the people, he turned away from him. When he had done this several times, the man realized that he was the cause of the anger and the rebuff. So, he complained about it to his companions, saying: I swear by Allah that I cannot understand the Apostle of Allah. They said: He went out and saw your domed building. So, the man returned to it and demolished it, leveling it to the ground. One day the Apostle of Allah came out and did not see it. He asked: What has happened to the domed building? They replied: Its owner complained to us about your rebuff, and when we informed him about it, he demolished it. He said: Every building is a misfortune for its owner, except what cannot, except what cannot, meaning except that which is essential" [9].

The messenger of Allah Muhammad (PBUH) warned people from engaging very much in the buildings especially those are hyperbole. In a long *ḥadīth* that is narrated by Abu Huraira the messenger of Allah said in his answering when the angel Gabriel asked Him about the Hour 'When will the Hour be established? The prophet (PBUH) replied: 'the answerer has no better knowledge than the questioner. But I will inform you about its portents: when a slave gives birth to her master, and when the shepherds of black camels start boasting and competing with others in the construction of higher buildings" [10].

As we have seen, all these requirements/values should be taken into account in designing of Muslim homes, so these values have influenced deeply in planning homes and neighborhood.

After this brief outlook on some aesthetic and ethical values, we return to examine the main points of this paper that are the principles of planning Muslim homes.

Designing the buildings in Islamic law should respect the sanctity and privacy of inhabitants and not harm the property of other.

2 SANCTITY AND PRIVACY OF HOMES IN ISLAMIC LAW

Privacy is the most significant principle that shapes the life of every individual in Islam. Everyone has the right to be free in his privacy, so it is forbidden to be violated by anyone even if by the family members, of course, by certain conditions that we will explain later.

The greatest place that Islam considers to be maintaining this right is the home (*Bayet*). According to Professor Hicham Mortada, 'the *Shari'ah* scholar Yusuf Al-Qaradawi defines the home as, "the place in which an individual protects himself from the climatic elements and in which he finds freedom from the restrictions and pressures of society. It is a place of rest for the body and relaxation for the mind". Professor Hicham comments on this by his saying: 'this indeed explains why the prophet says that the house is the best place in the world. The Prophet considers owning a house as a contribution to, or a sign of, happiness. He (PBUH) says: "for happiness, a good wife, a good thing to ride (means transport) and a good house), and a good house" (p94) [11]. Therefore, for the sanctity of this principle, Islamic law prohibits accessing the houses of others without permission, and, meanwhile, it developed great regulations to show to what extent the privacy is very important in Islamic law. In this section, firstly, we will analyze the privacy of the house, and secondly, we will show how people can avoid violating the privacy of the others. Generally, based on Islamic law, the privacy can be divided to two categories: acoustical and visual.

2.1 VISUAL PRIVACY AND ACOUSTICAL PRIVACY IN ISLAMIC LAW

In Islamic law, it is forbidden to spy on the homes because the basic principle is the prohibition on eavesdropping and spying on homes. Additionally, because personal secrets are respectable, it cannot be violated only in some cases. In the Quran: "O you/ye believe, avoid much assumption. Indeed, some assumption is sin. And do not spy" [12]. The sentence of 'do not spy' provides the prohibition for spying, which includes all forms of privacy facilities: visually and acoustically because these lead to abusing people, and violating their dignity and their freedom without right. Moreover, there is a set of *ahādīth* that have strict warning to those who spy on Muslims and look for the sins of people. In the Prophetic tradition, Abu Huraira reported that the Prophet says: 'beware of suspicion...and do not look for the others' faults, and do not spy' [13]. To explain this Hadith, Imam Al-Nawawi reported that 'Ulama said: 'spying is the hearing to people news, and infiltration (*tahasus*) is looking for others' faults. It is said that *tahasus* is the inspection about the insider matters and asking to know the missing news and cases' [14]. In our standpoint, this is one of the preservation of the human rights in Islam, and it increases the attention to the individual freedom that s/he enjoyed by inside his/her home with family and children. Hence, to devote this principle inside society, it is forbidden in Islamic law to look into homes through the holes of doors, windows, and walls. Islamic law exaggerates in this respect to the extent that the owner has the right to put out the eye of traitor viewer. Abu Huraira reported that the Prophet said, "If someone peeps into the homes of people without their consent, it is permissible for them to put out his eyes [15]. In another *ḥadīth* that is narrated by Sahl Ibn Sa'd "a man peeped through a hole of door into the inside of homes of Prophet, and it was in the hand of the Prophet an iron comb, which He was scratching his head. The Prophet says: "if I had known you were looking, I would have pierced your eye with it, because ask permission is made to avoid peep (sight)" [16].

Islamic law respects privacy of homes and protects them from violation by anyone. However, depending on a vital *Fiqh* rule in the Maliki *Fiqh*, which is "doing (to commit) the lowest damage (*Mafsada*) to push the highest one is allowed legally" (p52) [17]. There are some cases in which *Al-Muhtasib*, a supervisor of bazaars and trade, is allowed to enter the homes without permission. The first one is to save someone from killing if a confident person tells that. In this case, it is impermissible for *Al-Muhtasib* to spy and enter homes without permission [18]. The second case is if there is a bad fussy such as the fussy of vintage (alcohol) from home, or if a home became a nest of prostitution [19]. Spying in those cases is legally, first, to push damages and, second, to bring the benefit for the owner of the home (by rescued him from corruption) and also for the society. In regard to avoiding the privacy violence, Islamic law sets up a group of regulations and rules of accessing houses.

2.2 ACCESS REGULATION IN ISLAMIC LAW

There are many verses in the Quran and the Prophetic traditions that explain how people should behave if they want to enter the homes, either their own homes or others'. In the Quran Allah says: "O you, who have believe! Do not enter the houses other than your own, until you have asked permission is given to you by their owner; if you do not find anyone in the house, do not enter until permission is given to you; if you are asked to go back, go back: that makes for greater purity for yourselves, and Allah knows well all that you do"[20]. According to Sheikh Wahbah al-Zuhayli, a Syrian Islamic scholar specializing in Islamic law, "the reason for the revelation of this verse is that a woman from helpers (*Al-Anṣār*) came to Prophet and said "O Messenger of Allah, I am in my house on the case that I do not like anyone to see me on that case, but it is still a man from my family enters, and I am on that case, what can I do? Came down this verse to explain the way how a person should behave to avoid such as cases"(188) [21]. Based on this verse that can be considered as cornerstone in respecting the privacy of people and the sanctity of homes, Muslim scholars have spoken in detail about the concept of permission in terms of its meaning, forms, and numbers. Imam Al-Qurtubi said: "permission is the familiarity (*Istinās*). According to the Maliki jurist, Ibn Wahb, "Malik Ibn Anas said: familiarity, I think, and Allah known best, is permission" (188) [22], and in this way, it was read by Ibn Abbas and said: 'it means permission'. The roots of the permission form are in the Prophet' saying that was narrated by a man from Bani Aamir who asked permission to the prophet (PBUH) in his home, and he, instead of saying "peace be upon you shall enter", said another word. The prophet said to a servant, go to this person and teach him the permission. Say to him: "Say peace be upon you shall enter." Then the man heard Him and said "peace be upon you shall enter," then the Prophet authorized him and entered" [23]. In another *ḥadīth*, Safwan ibn Umayyad said: "I entered to the Prophet (PBUH) and did not say Salam (safe) nor ask permission. The prophet said to him 'go back say hello shall enter" [24]. In our point of view, we think the permission does not have a specific way to follow but everything that can indicate permission depending on the temporal and spatial circumstance. For examples, now the homes have the bells and the doors are locked, so knocking the bell can replace the permission by words. Al-Qurtubi said 'if the permission is by the voice, it should be raised until be heard by the owner of the house but if it is by knock, it is without inconvenience' (pp194), [25]. As a summary to this point is when a person, who knocks the bells, is asked by the owner, he should give full information that indicates him such as his name. In a *ḥadīth*, Jabir says: "I came to the Prophet in order to consult him regarding my father's debt. When I knocked on the door, he asked, "Who is that?" I replied, "I" He said, "I, I?" He repeated it as if he disliked it" [26].

Additionally, with regard to the number of asking permission, the holy Quran does not say anything about the number of permission, but the Prophetic traditions limited it in three times. Consequently, after that if a person is not given permission to enter, he has to leave. In a *ḥadīth*, Abu Said Al-Khudri said that Abu Musa said, "I asked permission to enter upon 'Umar three times, but I was not given the permission, so I returned." (When 'Umar came to know about it, he said to Abu Musa, "Why did you not enter?'. Abu Musa replied, "I asked permission three times, and I was not given it, so I returned, for Allah's Apostle said, "If anyone of you asks the permission to enter thrice, and the permission is not given, then he should return" [27].

However, if a person is sure that his permission is not heard, he can repeat it until it is heard. But if he doubts that it cannot be heard, the most scholars see that it is prohibited, for permission, to be repeated more than three times (190), [28]. The reason for asking permission no more than three times is that speech, mostly, if repeated three times will be heard and understood. Thus, the Prophet was if he greets people, he greets three times, and if he spoke a word, he repeated it three times (192), [29]. In addition, asking permission more than three times may disturb the owner of house, and he may be hurt by this insistence to cut off what he was busy doing. Therefore, it was wisely better off to leave after asking permission three times.

In a related context, According to Islamic law, there are three times during a day when the children are prohibited from entering their parents' rooms without asking permission because these times are usually when the couple takes off their clothes. The children have to ask permission before the *Fajr* (dawn/ late-night) prayer, the end of sleeping time when parents take off night clothes and wear daytime clothes, secondly, the nap time in the after-noon prayer, and finally, after the evening (*'icha*) prayer. The holy Quran says: "O ye who believe! Let The children among you, who have not attained adulthood, should obtain permission (for visiting you) at three times (on three occasions): (one) before the morning Salah, and (secondly) at noon when you put off your clothes, and (thirdly) after the 'Isha' prayer. These are the three times of your privacy. Before or after these times, there is no sin on you or on them as you keep coming to each other frequently" [30]. There are two arguments about this divine order; some scholars see this order as non-obligatory but it is better for children to ask permission. However, most scholars consider this order as an obligatory for parents to educate and teach their children to ask permission if they want to enter their parents' rooms during these times (p48) [31]. The urban growth in Islamic society, after the Prophet (PBUH), raised many issues that refer to privacy, which do not have provisions. The professor Said Ennahid sum-ups this point by stating: "the prescriptions found in the Quran and the Traditions of the Prophet were only meant to provide the spirit of the law that needed to be elaborated on through Islamic jurisprudence. In other words, the Quran and the Sunna (the normative behavior of the Prophet) did not outline the specifics of how space was to be regulated and negotiated in Islamic society. In the course of Islamic history, Muslim judges and jurists were faced with numerous grievances for which there were no provisions in the primary sources of the *shari'a* (the Quran and the Sunna). Urban growth and the need for more and more valuable building space were a direct cause for many cases of litigation among urbanites (p121), [32]. In this context, the Maliki jurists divided the issues of privacy into three elements that could cause visual or acoustical violation to home privacy: height and high projections, windows, and entrance doors. According to Ennahid, "Islamic law forbids one to open his door or window facing his neighbour's house, thus forcing the latter to make extra arrangements to secure his privacy. The entrance door of a house has to deviate at least one metre from the facing entrance door of one's neighbour so as not to have direct view of the latter's corridor. If a window must be opened for lighting and/or ventilation, it has to be placed above the line of vision to prevent any indiscreet view into the neighbors' house", [33].

3 AVOIDANCE OF HARMING TO THE PUBLIC AND NEIGHBOURS' RIGHTS

In the ancient times, cities or houses, especially in the Islamic medieval period, were subject to the jurisprudential system that solves its problems and were subject to general jurisprudential rules that can be summarized in the four rules:

- Prevention detriments and bringing interests: (*Daf' Al-Madar, wa jalb Al-Maṣāliḥ*)
- Respecting the public interest when it is a conflict with the personal interest: (*taqdīm al-maṣlḥah al-'āma 'ala al-maṣlḥah al-khāṣah*)
- Doing the least of harm: (*irtikāb akhaf al-dḥararayn*)
- Arbitration to the custom: (*taḥkīm al-'urf*)

Based on these rules (*al-qawā'id al-feqhiyya*), Islamic jurists have derived the most of provisions of the built-environment and houses. In addition to the previous rules, the significant quoted that jurists depended on is the Prophet's maxim "*la ḍarar wala ḍirār*" (p402), [34]. This concept, which is also a Prophetic declaration, is explained by the respected scholar Malik Ibn Anas (d.179/795) as 'there would be neither harming nor reciprocating harm, or there is neither injury nor return of injury" [35]. According to B. Hakim, this Hadith 'is interpreted in the *fiqh* as "no person or party to be harmed for another to benefit".

Another interpretation of this saying is communicated by Isa ben Mousa ben al-Imam al-Tutaily (d.386/996) who said that Mohammad ben Abd Al-Selam Al-khocheni of Cordoba commented on the “*la ḍarar wala ḍirār*” by saying, “no infringement, whether profitable or not. The Dharar is the act of one who wrongs someone else with no profit to himself, and the *ḍarar* is the act of one who wrongs someone else for his own profit” [36].

In his definition to harm, B. Hakim stipulates, “the essence is that one should exercise one’s full rights in what is rightfully his providing the decision/ action will not generate harm to others. Likewise, others should exercise their full rights in what is rightfully their providing their decision/ action will not harm others” [37].

In the light of this rule, the Islamic Jurists treated many problems that related to the built-environment. They divided the issue of harm into two categories: harm to the public rights and harm to neighbor’s rights.

3.1 HARM TO THE PUBLIC RIGHTS

3.1.1 THE CASE OF PUBLIC PATHWAY (*TARĪQ*)

With regard to the harming issue, the vital thing that occupies an important place in Sharīa is the public pathway or Public right-of-way what is known in *Fiqh ‘Tarīq Al-Muslimīn’*. This interest was manifested through the action of the prophet in Prophet Medina and through His saying. In Prophetic Medina, all sub roads were connected between the buildings through the main street because it is considered the heart of the humanitarian and economic activities. In this context, the Prophet urges Muslims to evacuate the roads from anything that can face commuters and impede their circulation or expose them to any degree of harming. Abu al-Walid said, I asked Ibn ‘Umar about the gravel (broken stones) spread pins the mosque. He replied: One night the rain fell and the earth was moistened. A man was bringing the gravel in his cloth and spreading it beneath him. When the Apostle of Allah finished his prayer, he said: “How fine it is” [38]. In addition, the Prophet prohibits narrowing the *Tarīq* by buildings because this may lead to diminish the economic activities. Sahl Ibn Mu’adh ibn Anas al-Juhai said in his narration, “I fought along with the Prophet (PBUH) in such and such battles. The people occupied much space and encroached on the road. The Prophet (PUBH) sent an announcer to announce among the people: Those who occupy much space or encroach on the road will not be credited with jihad” [39].

The interest thing in this *ḥadīth* is that Prophet connected between narrowing road and *Al-Jihād* to show to Muslims the value of the public *Tarīq* in people life. These guidelines have had the significant impact on the treatment of Maliki jurists and judges with the public *Tarīq*. Therefore, all jurists agreed to prevent the narrowing public roads by anything, and they linked between the amounts of capacity of the streets and the quality of its usages. Henceforth, they stated a great rule that was the base in disparity in roads of the ancient cities to width and narrow; it is “the width and height of streets is limited by the border and greatest thing that passes their roads such as camel with its greatest bearings (p171)” [40]. Based on these standards, they distinguished between three types of the streets and indefinites the amounts of its capacity. The pedestrian way has to be made seven cubits in its width, so if it is less than seven, it has to increase from the property of people until reach seven. Abu Huraira reported Allah’s Apostle (May peace be upon him) as saying: When you disagree about a path, its breadth should be made seven cubits” [41]. The width of the road of cattle and cows is twenty cubits, and finally, the width of the road of chamber (*Makhda’*) is four cubits (p171), [42].

Based on these divisions, we think the width and highest of public *Tarīq* differ from area to another because of its usages, so we can say that, nowadays, the road has to be wider in order to be enough to its usages and cars. In this context, Imam Malik prevent dividing the yard (courtyard) and *Mrah*, which is nowadays called the gardens or green spaces inside Urban area/ cities, that is in front of homes and on side of ways. It is because “people in general benefit from it, and perhaps the road may be filled by people and animals, so people either by their animals or by their feet can use it to be comfortable” (p163) [43], and also scholars prevent building in it shops [44]. Concerning the role of avoiding harm to the road, jurists also treat the issue of drainage of waters that go out to road due to its big role in harming.

3.1.2 THE CASE OF DRAINAGES WATERS

To prevent anything that leads to harm the public *Tarīq*, Maliki *Fiqh* organized the drainage of water in the cities through procedural measures, which prevent people to take out the wastewater of homes to the public street. When the Imam Suhoun was asked “is it permissible for a man to open a hole in the road of Muslimīn to take out his water? He said: no, (p98)” [45]. Islamic law also prevents the drainage of water that leads to harm the walls of neighbors’ homes. In this context, they distinguish between the water that is not allowed to take out to public road and the rainwater that is allowed to take out to the road even if it leads to harm the public *Tarīq* because its harming is unavoidable. However, it orders people to make gutters for the disposal of the rainwater (p99), [46]. According to H. Mortada that S. Al-Hathloul said: “many traditional scholars

prohibited appropriating a part of the street for the benefit of the house even if no harm was created" (p112), [47]. Therefore, "the prohibition against taking advantage of public spaces by private individual interests aims not only to protect present public rights on these spaces, but also future users" [48].

3.2 HARM TO THE NEIGHBORING HOUSE RIGHTS

Apart from the social obligations that Muslims have toward their neighbors, Islamic law set up a set of principles that should be applied to the neighborhood to avoid harming others. In this context, jurists divided this type of harm (*darar*) to two categories: existing harm and new harm. Concerning the first category, they distinguished between the oldest activities that were there before the buildings that; Islamic jurists consensually agree to its remaining. Quite to the contrary, if these activities happened after the buildings and the owners of houses do not complain until a long time, the juries have to prevent them if there is an extreme harm such as smoke of public bathes or offensive odour (p48), [49]. Jurists mainly limited causing harm to neighboring houses in three types: smoke, offensive odour, and noise.

3.2.1 CAUSING HARM BY SMOKE

Speaking about the issue of smoke, Islamic law "ensures not only the entry of natural air to houses but also its quality. It prohibits the spoiling of that air by smoke from other houses, and it considers causing a nuisance to neighbors by smoke as an act of damage", (p114) [50]. Muslim Scholars consider any kind of smoke harmful, so they prevented establishing all sources of smoke such as public bathes, bakeries, mills, tanneries and blacksmithing within the neighborhood. In one of many events that are included in B. Hakim's book, "a man complained to a judge (*Al-Qādi*) that his neighbor created another source of fire to increase the heating capacity of his oven and used the existing chimney to evacuate the smoke from both fires. *Al-Qādi* ordered the man to remove his additional source of fire" (p31) [51].

3.2.2 CAUSING HARM BY EXCESSIVE SMELL

Based on the Prophet's saying "regarding the prohibition of persons who eat garlic and onion and who emanate a distinct odour while attending a mosque, Maliki *Fiqh* considers any source, which create offensive odour or excessive smell harmful, so it should not be allowed to be offend neighbors" (p32) [52]. According to H. Mortada, "Ibn Rami mentioned particularly that this *ḥadīth* was followed in most jurists' ruling regarding the removal of garbage, effluent and sources of unpleasant smells to neighbors" (114) [53].

3.2.3 CAUSING HARM BY NOISE

Additionally, Islamic law considers the principle of quietness as the main component for establishing the buildings, so it is prohibited violating this principle by anything. *Fuqaha*, in turn, treat the issue of noise and disallow any source of noise that caused harm to neighbors; so they conclude that any source of noise has to be prevented. In this context, H. Mortada reported many traditional cases that show how Muslim jurists deal with the issue of noise. In one of the cases, *Al-Qādi* Ibn Rafi'a preferred to prevent people from building the stables next their houses because the movement of the animals during the day and night caused noise to neighbors which disturbed them from sleeping (p114) [54].

4 CONCLUSION

Without doubt, that the Islamic dwelling design is a reflection of a set of Islamic values. The Islamic cities are evidence on the Islamic civilization that had been extended for centuries. Researchers in the Islamic neighborhood building principles and guidelines can reach a conclusion that the Islamic-built environment is based on two things: strength and beauty. The strength is reflected in the perfection and master of the building because this also is taken from the Islamic teachings such as 'Allah bless or mercy a person who do Job and master it'. In addition, the Islamic buildings are characterized by beauty either inside, such as courtyard, fountain, and strength of walls that help to save the privacy of the inhabitants, or outside. The beauty of outside appears in its harmony with culture, identity, and in its arrangement according to the time and location.

However, unfortunately, in the contemporary time, all these concepts have changed. In our point of view, there are two factors that led to the change of these concepts. One of the most impacts that help destroy the identity of Islamic buildings is globalization. As we know, the aim of the globalization is to make the world as one "village" and to remove all things that reflect the culture and identity in all fields, art, poetry, buildings. Since it brought new concepts, people, especially in Islamic countries, were impressed by them; and they started to translate them into their practice. Those who want to remove all

traditional things claim that it is one of the obstacles to development and modernity. In this context, the building, in turn, were influenced by these new concepts toward modernity.

Another factor that may also be considered as a main factor is the shortage of enough real estate. This factor, we think, is a direct reason of disappearing of the Islamic guidelines from the Islamic built-environment. In Islamic countries, the demographic growth has increased very fast because of the rate birth, which is very high. For instance, in our neighborhood, we do not know many young children are there. For this reason, people start to struggle to find a safe place to live. In this context, the major companies, which monopolizes the properties, starts to distribute them without realizing or concerning these Islamic Principles. Their goal is to earn much money and to inhabit more inhabitants. In the middle of modernity, demographic growth, lack of property and monopolization of the real estate by the companies, the Islamic neighborhood building principles and guidelines lost.

REFERENCES

- [1] The Holy Quran, Saba' 34:15.
- [2] Al-Qurtubi, Muhammad Ibn Ahmad ibn Abi Bakr, *Al-Jami' li Ahkam Al-Qur'an wa Al-Mubīn Limā Tadamanahu Mina Al-Ssunah Wa Aāy Al-Qur'an*. Beirut: Mu'sassat Al-Risālah, the first edition, 2006, 290
- [3] The Holy Quran, Mary 19:16.
- [4] Wan Norisma Wan Ismail, Fadli Arabi, ET la, "The Establishment of Islamic Dwelling Principles for the Malaysian Communities", *the Journal of the Malaysian Institute of Planners*, Vol. 15, No. 1, pp 261-270, 2017.
- [5] Al-Qurtubi, Muhammad Ibn Ahmad ibn Abi Bakr, *Al-Jami' li Ahkam Al-Qur'an wa Al-Mubīn Limā Tadamanahu Mina Al-Ssunah Wa Aāy Al-Qur'an*. Beirut: Mu'sassat Al-Risālah, the first edition, 2006, p 428.
- [6] The Holy Quran, 10:87
- [7] Abu al-Fida' Al-Qurashi, Isma'il bin 'Umar Ibn Kathir, *Tafsīr Al-Qur'ān Al-'azīm*. Part 4, Riyad: Dār Tayba Linnashr wa Tawzīa, second edition, 1999.; 289.
- [8] Wazīri, Yahya. "Al-'Imāra Al-Islamiyya wa Al-Biā". *'Alam Al-Ma'Rifa Journal*, No. 304, Jun 2004., 48, p: 41.
- [9] *Sunan Abi Dawad, English Translation*: Book 1, Hadith, no. 8
- [10] *Sunan Abi Du'ad, English Translation*: Book 41, Hadith, no. 5218
- [11] *Sahih Bokhari*, Book 2, and Hadith 50 or translation: Volume 1, Book 2, and Number 47.
- [12] Mortada, Hicham, *Traditional Islamic Principles of Built Environment*, London, 2003.
- [13] The Holy Quran, 49:12
- [14] Sahih Muslim, Translation: chapter 7, Book 32, number 6214
- [15] Al-Imam Al-Nnawawi, Yahya Ibn Sharaf, *Al-Minhāj bi Sharh Saḥiḥ Muslim*. Beirut: Dār Ṭayba Al-Turāth Al-'Arabi, second edition, 1392., p:119.
- [16] Sahih Muslim: *English translation*: Chapter 9, Book 25, no. 5370
- [17] Sahih Muslim, *English Translation*: Chapter 9, Book 25, no. 5366
- [18] Al-'Aṣimi, Fahd Ibn Hamoud, "Aḥkām Al-Manzil Fi Al-Islam", *Majalt Koliyat Usul Al-Ddin wa Al-Dda'wa, Jāmi'at al-azhar-Al-Mansoura*, No. 7, Part 1, 1422, p:52.
- [19] Al-'Aṣimi, Fahd Ibn Hamoud, "Aḥkām Al-Manzil Fi Al-Islam", *Majalt Koliyat Usul Al-Ddin wa Al-Dda'wa, Jāmi'at al-azhar-Al-Mansoura*, No. 7, Part 1, 1422.
- [20] Al-'Aṣimi, Fahd Ibn Hamoud, "Aḥkām Al-Manzil Fi Al-Islam", *Majalt Koliyat Usul Al-Ddin wa Al-Dda'wa, Jāmi'at al-azhar-Al-Mansoura*, No. 7, Part 1, 1422.
- [21] Surah 24: 27, 28
- [22] Al-Qurtubi, Muhammad Ibn Ahmad ibn Abi Bakr, *Al-Jami' li Ahkam Al-Qur'an wa Al-Mubīn Limā Tadamanahu Mina Al-Ssunah Wa Aāy Al-Qur'an*. Beirut: Mu'sassat Al-Risālah, the first edition, 2006, p:188.
- [23] Al-Qurtubi, Muhammad Ibn Ahmad ibn Abi Bakr, *Al-Jami' li Ahkam Al-Qur'an wa Al-Mubīn Limā Tadamanahu Mina Al-Ssunah Wa Aāy Al-Qur'an*. Beirut: Mu'sassat Al-Risālah, the first edition, 2006, p:188.
- [24] *Sunan Abi Du'ad, English Translation*: Book 41, Hadith 5158
- [25] *Sunan Abi Du'ad, English Translation*: Book 41, Hadith 5157
- [26] Al-Qurtubi, Muhammad Ibn Ahmad ibn Abi Bakr, *Al-Jami' li Ahkam Al-Qur'an wa Al-Mubīn Limā Tadamanahu Mina Al-Ssunah Wa Aāy Al-Qur'an*. Beirut: Mu'sassat Al-Risālah, the first edition, 2006, p: 194.
- [27] *Sahih Bukhari, English translation*: Vol. 8, Book 74, and Hadith 267
- [28] *Shih Bukhari, English Translation*: Vol. 8, Book 74, Hadith 261.
- [29] Al-Qurtubi, Muhammad Ibn Ahmad ibn Abi Bakr, *Al-Jami' li Ahkam Al-Qur'an wa Al-Mubīn Limā Tadamanahu Mina Al-Ssunah Wa Aāy Al-Qur'an*. Beirut: Mu'sassat Al-Risālah, the first edition, 2006, p:190.

- [30] Al-Qurtubi, Muhammad Ibn Ahmad ibn Abi Bakr, *Al-Jami' li Ahkam Al-Qur'an wa Al- Mubīn Limā Tadamanahu Mina Al-Ssunah Wa Aāy Al-Qur'an*. Beirut: Mu'sassat Al- Risālah, the first edition, 2006, p:192.
- [31] The Holy Quran: 42:58.
- [32] Al-'Aṣimi, Fahd Ibn Hamoud, "Aḥkām Al-Manzil Fi Al-Islam", *Majalt Koliyat Usul Al- Ddin wa Al-Dda'wa, Jāmi'at al-azhar-Al-Mansoura*, No. 7, Part 1, 1422, p:48.
- [33] Ennahid, Said, "Access Regulation in Islamic Urbanism: The Case of Medieval Fès", *The Journal of North African Studies*, Vol. 7, No. 3, pp. 119-134, 2002.
- [34] "Access Regulation in Islamic Urbanism: The Case of Medieval Fès, The Journal of North African Studies, Vol. 7, No. 3, pp. 119-134, 2002.
- [35] Al-Qādi Abu Al-Walīd Al-Bāji, Solaymān Ibn Khalaf, *Al-Muntaqā Sharḥ Muwatta' Al- Imām Mālik*. Beirut: Dār Al-Kutub Al-'Ilmiyya, the first edition, 1999, p: 402.
- [36] Mortada, Hicham, *Traditional Islamic Principles of Built Environment*, London, 2003.
- [37] Al-Imam Al-Ttaṭīli, 'Issa Ibn Moussa Ibn Ahmed, *Al-Qadā Bi Al-Marfiq Fi Al-Mabāni Wa Nafy Al-Ḍḍarar*. Publication of Islamic Educational, Scientific and Cultural \ Organization (ISESCO), 1420-1999, p:22.
- [38] Besim S. Hakim, *Arabic-Islamic Cities: Building and Planning Principles*, Emergent City Press, 2008.
- [39] Sunan Abi Du'ad, Translation: Book 2, Hadith 68
- [40] Sunan Abi Du' ad, Translation: Book 14, Hadith 2623
- [41] Al-Imam Al-Ttaṭīli, 'Issa Ibn Moussa Ibn Ahmed, *Al-Qadā Bi Al-Marfiq Fi Al-Mabāni Wa Nafy Al-Ḍḍarar*. Publication of Islamic Educational, Scientific and Cultural \ Organization (ISESCO), 1420-1999, p: 171.
- [42] *Sahih Muslim*, Translation: Book 10, Hadith 3927
- [43] Al-Imam Al-Ttaṭīli, 'Issa Ibn Moussa Ibn Ahmed, *Al-Qadā Bi Al-Marfiq Fi Al-Mabāni Wa Nafy Al-Ḍḍarar*. Publication of Islamic Educational, Scientific and Cultural \ Organization (ISESCO), 1420-1999, p: 171.
- [44] Al-Imam Al-Ttaṭīli, 'Issa Ibn Moussa Ibn Ahmed, *Al-Qadā Bi Al-Marfiq Fi Al-Mabāni Wa Nafy Al-Ḍḍarar*. Publication of Islamic Educational, Scientific and Cultural \ Organization (ISESCO), 1420-1999, p: 163.
- [45] Al-Imam Al-Ttaṭīli, 'Issa Ibn Moussa Ibn Ahmed, *Al-Qadā Bi Al-Marfiq Fi Al-Mabāni Wa Nafy Al-Ḍḍarar*. Publication of Islamic Educational, Scientific and Cultural \ Organization (ISESCO), 1420-1999, p:162.
- [46] Al-Imam Al-Ttaṭīli, 'Issa Ibn Moussa Ibn Ahmed, *Al-Qadā Bi Al-Marfiq Fi Al-Mabāni Wa Nafy Al-Ḍḍarar*. Publication of Islamic Educational, Scientific and Cultural \ Organization (ISESCO), 1420-1999, p: 98.
- [47] Al-Imam Al-Ttaṭīli, 'Issa Ibn Moussa Ibn Ahmed, *Al-Qadā Bi Al-Marfiq Fi Al-Mabāni Wa Nafy Al-Ḍḍarar*. Publication of Islamic Educational, Scientific and Cultural \ Organization (ISESCO), 1420-1999, p: 99.
- [48] Mortada, Hicham, *Traditional Islamic Principles of Built Environment*, London, 2003.
- [49] Mortada, Hicham, *Traditional Islamic Principles of Built Environment*, London, 2003.
- [50] Waziri, Yahya. "Al-'Imāra Al-Islamiyya wa Al-Biā", *'Alam Al-Ma'Rifa Journal*, No. 304, Jun 2004., 48.
- [51] Mortada, Hicham, *Traditional Islamic Principles of Built Environment*, London, 2003.
- [52] Besim S. Hakim, *Arabic-Islamic Cities: Building and Planning Principles*, Emergent City Press, 2008.
- [53] Besim S. Hakim, *Arabic-Islamic Cities: Building and Planning Principles*, Emergent City Press, 2008.
- [54] Mortada, Hicham, *Traditional Islamic Principles of Built Environment*, London, 2003. [54] Mortada, Hicham, *Traditional Islamic Principles of Built Environment*, London, 2003.
- [55] <http://tanzil.net/#1:1>
- [56] <http://qaalarasulallah.com/>
- [57] <http://www.iium.edu.my/deed/hadith/muslim/index.html>
- [58] <http://www.shariahprogram.ca/Hadith/Sahih-Bukhari/>
- [59] <http://muhhsinin.blogspot.com/2009/09/sunan-abu-daud.html>
- [60] Khan, M. Mushin. Translation of Sahih Bukhari. (https://d1.islamhouse.com/data/en/ih_books/single/en_Sahih_Al-Bukhari.pdf), "Last visited was on 14/July/2018".
- [61] Siddiqui, Abdul Hamid. Translation of Sahih Muslim. (http://www.documentacatholicaomnia.eu/03d/0834-0893,_Sahih_Muslim,_Hadith,_EN.pdf), "Last visited was on 14 July, 2018".
- [62] Islam: The Way of Life. Sunan Abu Da'ud. (<http://muhhsinin.blogspot.com/2009/09/sunan-abu-daud.html>), "last visited was 14 July, 2018".

AN EXAMINATION OF SEASONAL VARIATION IN THE LEVELS OF OUTDOOR THERMAL COMFORT IN MAKURDI METROPOLIS, NIGERIA

Akera Nguseer Mercilina¹, Danjuma Andembutop Kwesaba², Benjamin Umaru², Chuma Obiamaka Vivian², and Angyu Budi Dente²

¹Department of Geography, Benue State University, Makurdi, Nigeria

²Department of Hospitality and Tourism Management, Federal University Wukari, Nigeria

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The study investigated seasonal variation in outdoor thermal comfort in Makurdi from 1971-2010. Daily air temperature (°C) and relative humidity (%) of the study area were obtained from Nigerian Meteorological Agency Operational Headquarters, Oshodi, Lagos. Daily thermal comfort levels were computed from the obtained data using the temperature humidity index (THI). The THI values were then summed into monthly, seasonal and annual comfort values. Correlation analysis was used to determine trend in the level of thermal comfort from 1971 to 2010. The monthly variation of THI showed the highest THI of 27.2 in April and the lowest THI of 24.7 in January. The seasonal variation of THI indicated highest THI of 26.5 during the hot dry season and the lowest THI of 25.1 during the cool dry season. The annual variation of THI showed an increasing trend from 1971-2010 with a positive correlation coefficient (R^2) of 0.018. The result suggest that human discomfort is common in April while January is thermally comfortable Seasonally, the hot dry season was associated with human discomfort whereas the cool dry season is relatively comfortable. The positive annual trend of THI suggested a progressive change from human comfort to discomfort in the study area. The study concluded that measures of ameliorating human thermal discomfort should be focused principally in the months of March and April which coincides with the hot dry season to minimize the negative effects of outdoor thermal discomfort on the socio-economic development in Makurdi.

KEYWORDS: Seasonal Variation, Human Comfort, Temperature, Humidity Index, Climate.

1 INTRODUCTION

1.1 BACKGROUND TO THE STUDY

Cities are growing towards mega cities with higher population densities, narrower urban corridors and more high-rise urban structures. This urban transformation causes day-time and night-time Urban Heat Island (UHI) which leads to declining of urban environmental quality (Wong, Steve, Rosita, Anseina and Marcel, 2011).

Urban structures absorb solar heat during day-time and release it during night-time. Densely built area tends to trap the heat when it is released from urban structures into urban environment, increases urban air temperature compared to surrounding rural areas and causes urban heat island effect, which in turn affects street level thermal comfort, health, environment quality and may cause increase of urban energy demand. Mayer, Holst and Imbery (2009) also were of the view that urban building structures and urban processes modify the atmospheric background conditions by a positive or negative change which can be regarded as a function depending on different factors like weather, time of day and year, urban land use, street design and type of building structure. By this modification, a specific urban climate consisting of different urban microclimates within the urban canopy layer is formed.

The phenomenon of the rapid urbanization in cities has also become one of the important studies in climatology, urban planning and sustainable development. This is as a result of the negative environmental impact on rapid urbanization which

includes urban microclimate modification. Furthermore, the rapid urbanization with limited landscape negatively affects human health due to increased pollution (Harlan, Brazel, Prashad, Stefanov and Larsen, 2006).

According to Lafini, Grifoni and Tascini (2010), there is a strong public interest in creating pleasant open spaces and this sense, thermal comfort is as important as acoustic or visual comfort. The liking and use of open spaces are influenced by the microclimatic conditions provided. Whereas, microclimate and thermal perception definitely depend on urban design and show a high temporal and spatial variation. The outdoor thermal environment in fact, is impacted by the built environment through anthropogenic heat (Ichinose, Shimodono and Hanaki, 1999), ground surface covering (Lin, Ho and Huang, 2007), evaporation and evapotranspiration of plants (Robitu, Musy, Inard and Groleau, 2006) and shading by trees or constructed objects (Lin, Matzarakis and Hwang, 2010).

A given urban density can result from independent design features that affect urban microclimate in different ways, such as fraction of urban land covered by buildings, distances between buildings and average height of buildings (Givoni, 1998). These parameters affect the urban microclimate in terms of air and surface temperatures, solar radiation, solar reflection, relative humidity wind speed and direction.

Urban planning regulations on the other hand, guide the development in cities at certain periods. These regulations include the instruction that lead to the development in terms of building construction, urban spaces, parks, streets (Yahia, 2012). Furthermore, the urban form is strongly influenced by urban planning regulations such as zoning ordinances which govern spaces between buildings, building heights, building footprints etc. Consequently, these regulations have great impact on the microclimate in urban areas (Johansson and Yahia, 2010).

Urban microclimate and outdoor thermal comfort are generally given little consideration in urban design and planning processes (Elliason, 2000; Johansson, 2006a). However, in order to reduce the negative climatic impacts in cities the urban developers, planners and designers must begin to incorporate climatic knowledge in the planning strategies and also create links between microclimate thermal comfort, design and urban planning regulations.

Al-Hemaidi (2001) and Eben Saleh (2001) reported that current urban design in Saudi Arabia has led to an undesirable microclimate around buildings. They explain this with the prescription of an extremely dispersed urban design where the provision of shade is totally lacking. The current urban form is characterized by gridiron plans with wide streets where the detached, low-rise “villa” is the most common type of house.

Thermal comfort is very difficult to define because one needs to take into account a range of environmental and personal factors when deciding what will make people feel comfortable. These factors make up what is known as ‘the human thermal environment’ (Fanger, 1970). Human thermal comfort however is defined by ASHRAE (1966), Fanger (1973), Parson (2003) and ISO7730 (2005) as that condition of the mind which expresses satisfaction with the thermal environment. Outdoor thermal comfort therefore refers to the condition of the mind which expresses satisfaction with the thermal environment outside a building or in the open air.

The study of outdoor thermal comfort is of great significance in cities. This is because, the aggravated increase in human activities leads to high temperature. The prevalence of human activities decreases natural surfaces which reduce surface and air atmospheric temperatures thereby increasing surface and air temperatures at the local and regional levels. The increase in population and socio-economic activities emanate the phenomenon referred to as the urban heat island (UHI). These coupled with the global increase in temperature has great effect on urban outdoor thermal comfort. Makurdi, an urban centre is not exceptional. Since such a study is yet to be conducted within Makurdi town, this study seeks to assess the outdoor thermal comfort in Makurdi.

1.2 STUDY AREA

1.2.1 LOCATION

Makurdi is the capital of Benue state. Benue state is one of the states located in the middle belt region in Nigeria. Makurdi is bounded by Tarka to the East, Guma to the North, Gwer-West to the West and Gwer to the South.

Makurdi town lies between Latitude $7^{\circ}44'N$ and $7^{\circ}52'N$ of the equator and longitude $8^{\circ}24'E$ and $8^{\circ}38'E$ of the Greenwich meridian (figure 1). River Benue from which the State name is derived flows through the town thereby dividing the town into south and north banks respectively. The major areas defined as Makurdi town are enclosed within North Bank, Wadata, Modern Market, High Level, Kansio and Gaadi.

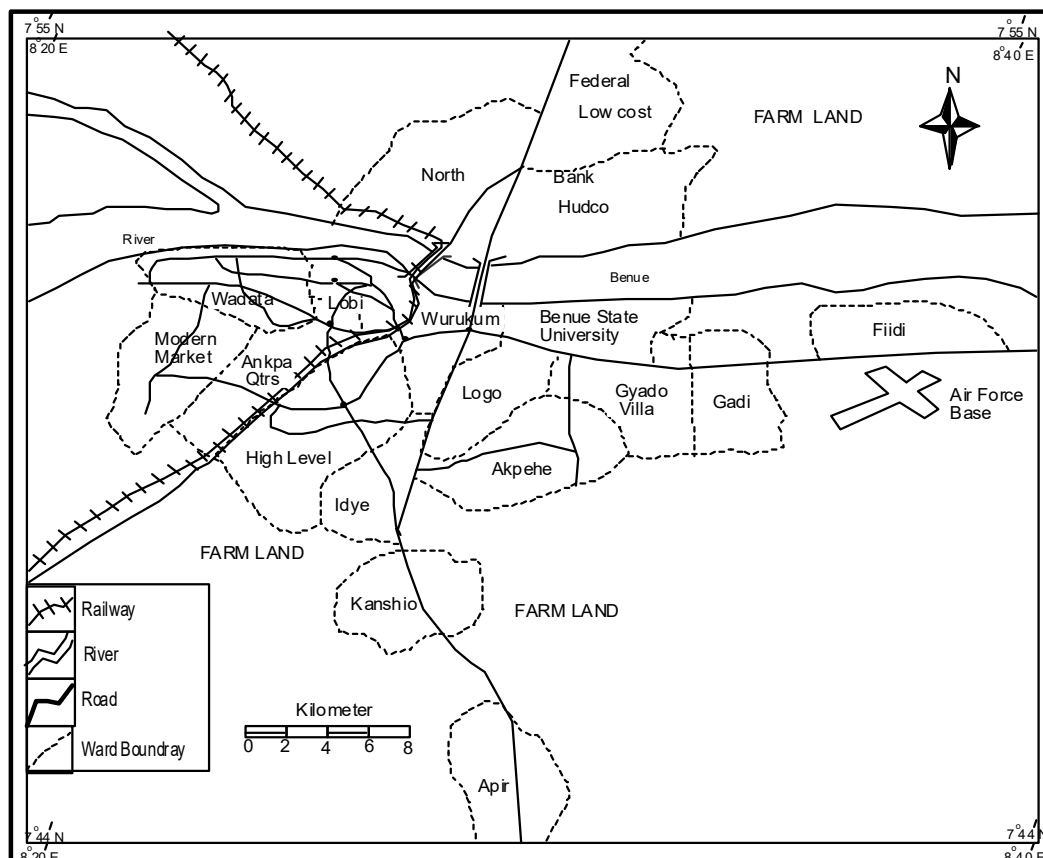


Fig. 1. Map of Makurdi town

Source: Ministry of Lands and Survey

1.2.2 RELIEF AND DRAINAGE

Makurdi town lies in the plains, except towards north bank area where there is slight elevation. River Benue drains the minor streams or channels during wet season. Rainwater infiltrates into the soil thereby percolating into the water table. The sandy nature of the topsoil makes penetrations easy.

1.2.3 CLIMATE AND VEGETATION

The climate of Makurdi town is the tropical Aw type with alternating wet and dry seasons which are also hot and cool. The rainfall periods are from April to October, with rainfall amount ranging from 900mm to 1500mm with the heaviest rains in June and September which decline with increasing latitude (Tyubee, 2004). The dry seasons begin in November and end in April. Temperatures are generally high, with a mean annual temperature of 32.5°C. The hottest months are February to April and the coldest, December to January. The three temperature periods experienced in the study area as investigated by Tyubee (2004 and 2005) are:

1. The cool-dry season at the period of low sun (November to January).
2. The hot-dry season just preceding the rains (February to April).
3. The cool-wet seasons during the rains (May to October). This is graphically shown in Figure 2.

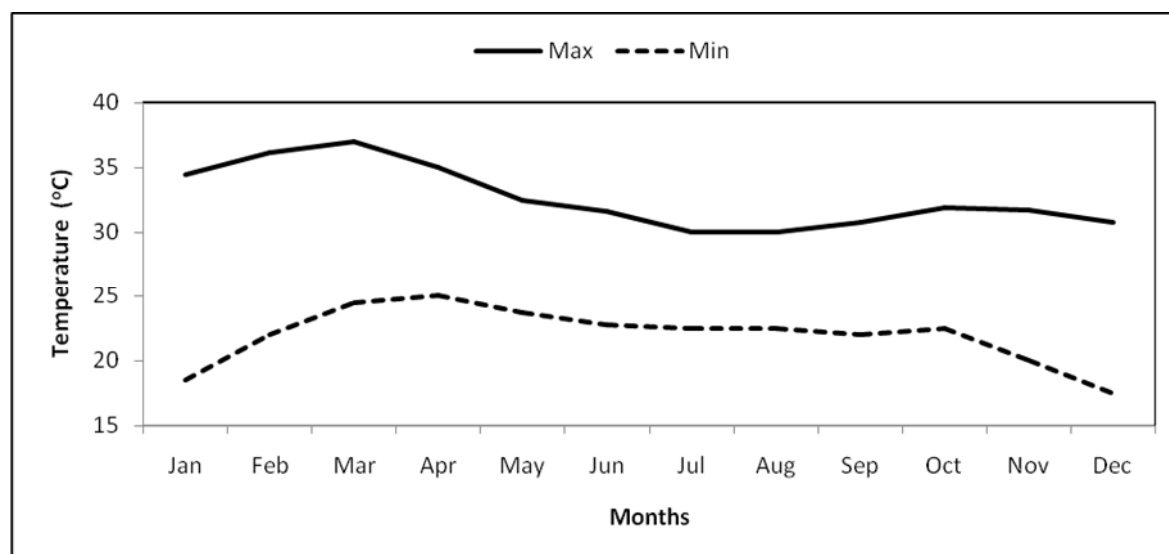


Fig. 2. Monthly temperature distribution graph in Makurdi

Source: Tyubee (2004)

The vegetation in the area is characterized by a mixture of trees and grasses of the guinea savanna specie. The trees include fruit trees such as cashew, citrus and mango along side other economic trees like mahogany, obeche, gmelina and iroko. The grasses are of a mixture of shrubs and herbs which are useful for animal grazing and medication respectively.

1.2.4 POPULATION

Makurdi town being the capital of Benue state is the most urbanized and populated town in the state. It has a population of 300,173 people at a growth rate of 3.0 (2006 National Population Census). The town's population makes up 7.01% of the State's population. It has area coverage of over 380 persons/km². The population shows a slight imbalance in favour of the males (156,384 males and 143,789 females). The population is rapidly growing faster than other urban centres in the State because; it is the capital of the State and the headquarters of Makurdi Local Government Area.

1.2.5 SOCIO-ECONOMIC ACTIVITIES

Several socio-economic activities are carried out in Makurdi town, these include trading due to the presence of markets, teaching due to several primary, post primary and tertiary institutions, administration due to the presence of Local, State and Federal Secretariat and headquarters of private and government establishments. Farming is also practiced as a result of fertile lands for cultivation and rich shrouds for grazing.

The crops produced include cereals (zea mays, sesamum indicum and oryza sativa spp) and vegetables. Fishing activities also takes place due to the presence of river Benue. Hospitality and recreational activities are not left out due to the presence of several rest homes and sporting centers.

2 RESEARCH METHODOLOGY

2.1 DATA NEED AND SOURCE

In order to achieve the aim of this study, daily air temperature (°C) and daily air relative humidity (%) of Makurdi was obtained from Nigerian Meteorological Agency Operational Headquarters, Oshodi, Lagos for a period of forty years (1971 – 2010). The needed data was obtained because Ayoade (2004) explains that a standard weather station serve an area coverage of 10,000km². Hence, the obtained data is to be greatly considered since the area coverage of Makurdi urban from the weather station measures 8,000km²

The daily air temperature (°C) and daily air relative humidity (%) obtained from the meteorological Agency were summed up by each month of the years in order to obtain the mean monthly air temperature and relative humidity. These monthly means were further computed into seasonal means to derive the means of both air humidity and the temperature in the three seasons (cool dry, hot dry and cool wet). In the case of the annual means the monthly means were summed and divided by the number of months for each year.

These mean temperatures and mean relative humidity obtained were used in calculating the comfort levels based on the temperature humidity index and the humidex indices. The monthly variation in the levels of comfort was derived from the monthly means, the seasonal variation from the seasonal means and the annual variation from the annual means of the two climatic elements used.

2.2 HUMAN COMFORT INDICES

There are several indices used to assess outdoor human thermal comfort levels. These are physiological equivalent temperature (PET), the temperature humidity index (THI), the psychometric chart, the humidex rating, the wet bulb globe temperature (WBGT) and the standard effective temperature (SET).

These indices use some climatic elements in determining the comfort levels. There are variations in the elements used based on the index chosen. These are temperature, humidity and windspeed (PET). temperature and humidity (THI), air temperature, humidity, windspeed and radiation (psychometric chart), air temperature and humidity (humidex rating), air temperature, humidity, windspeed (WBGT) and temperature, solar radiation, windspeed and relative humidity, visible and infrared radiation (SET).

Even though thermal comfort deals with condition of the mind which expresses satisfaction with the thermal environment, there are standardized indices that have been obtained which are applicable to the assessment of thermal environment in the different regions of the world. As a result of this, studies such as that of Johansson (2006a) conducted in the hot dry climate in Fez, Morocco; Pearlmutter et al (2007) carried out within urban canopy; Ahmed et al (2010) conducted within the hot-humid tropical city of Akure, Nigeria; and that of Okpara, Kolawole, Gbuyiro and Okwara (2002) done in Akure, established the thermal conditions of the studied areas based on the various climatic parameters needed in determining comfort levels from the different comfort indices derived. Hence, this study also addressed thermal conditions in Makurdi town on this basis.

This study however used the temperature humidity index (THI) which makes use of two parameters; air temperature and relative humidity. The THI index was chosen because the two climatic elements used in determining comfort levels are the major climatic elements that influence outdoor comfort in the tropics (Okpara et al 2002). The tropics generally experienced weak wind velocity and variations in solar radiation. Thus both parameters have insignificant effect on human comfort compared to temperature and humidity. The humidex rating which uses the same climatic parameters was used to validate the THI result.

2.3 THE TEMPERATURE HUMIDITY INDEX (THI)

This index of human comfort was proposed by Thom (1959) to determine the comfort levels. The THI equation is given as:

$$THI = T - (0.55 - 0.0055Rh)(T - 14.5) \quad (1)$$

The index used seven comfort classes ranging from THI value of >17.0 to <28.0 in determining human comfort levels. When the THI ranges from 19.0-26.9, the thermal condition shows a comfort zone when people feel relatively comfortable. The THI from <18.9 to >27.0 gives discomfort cold and hot respectively.

Table 1. Thermal comfort levels based on the THI

Range	Comfort levels
> 28.0	High discomfort
27.0 – 28.0	Discomfort
25.0 – 26.9	Transitional (warm)
22.0 – 24.9	Comfort
19.0 – 21.9	Transitional (cool)
17.0 – 18.9	Discomfort
< 17.0	High discomfort

Source: Thom (1959)

2.4 THE HUMIDEX RATING

This is a measure of how hot we feel. It is an equivalent scale intended for the general public to express the combined effect of temperature and humidity. It provides a number that describes how hot people feel, much in the same way, the equivalent chill temperature or 'wind-chill factor' describes how cold people feel. The number expression table of the humidex is shown in table 2 (Canadian centre for Occupational Health and Safety, 2011).

The index used five comfort classes ranging from humidex value of 20 to >54 in determining human comfort levels. When the humidex is from 30 to >54, the thermal condition shows some discomfort to heat stroke imminent. When the thermal condition is comfortable for humans, the humidex ranges from 20-29.

Table 2. Humidex rating

Humidex range	Degree of comfort
> 54	Heat stroke imminent
46 – 54	Dangerous
39 – 45	Great discomfort; avoid exertion
30 – 38	Some discomfort
20 – 29	Comfort

Source: Canadian Centre for Occupational Health and Safety (2011)

When the air temperature and relative humidity are known the comfort level can be derived from the humidex chart (see Appendix A)

2.5 DATA ANALYSIS

The descriptive statistics such as the mean, tabulation and graphing were used to analyse the data. The inter-annual variation in temperature and humidity was analyzed using the summation of the obtained data in the twelve months and dividing the result by twelve. This was done for each year for the forty year period under study.

The monthly variation in the level of outdoor thermal comfort was however analysed by summing the derived mean in each month for the forty year period.

To analyse the seasonal variation in the levels of outdoor thermal comfort, three thermal seasons in the area were adopted. These include the cool dry, the hot dry and the cool wet seasons (Tyubee, 2004). The cool dry season covers November to January, the hot dry season is experienced between February to April and the cool wet season ranges from May to October. According to Tyubee (2004) these thermal seasons have mean temperatures of 28.0°C, 38.5°C and 30.0°C respectively.

The annual variation in the levels of outdoor thermal comfort was analyzed by using the summation of the twelve months and dividing the result by twelve. This was done for the forty year period obtained data.

The Spearman 2-tail correlation coefficient was used in determining the fluctuation trend in thermal discomfort from 1971-2010.

3 DATA PRESENTATION, ANALYSIS AND DISCUSSION OF RESULTS

3.1 MONTHLY VARIATION IN THE LEVELS OF OUTDOOR THERMAL COMFORT

The result of monthly variation in the levels of outdoor thermal comfort in Makurdi is presented in Table 3 and Figure 3.

Table 3. Monthly variation of thermal comfort levels in Makurdi (1971 – 2010)

Month	THI	Humidex
January	24.7	33
February	25.8	37
March	27.0	40
April	27.2	40
May	26.3	35
June	26.4	39
July	26.0	39
August	26.1	39
September	26.2	38
October	26.0	38
November	25.9	36
December	24.9	34

Source: Fieldwork (2013)

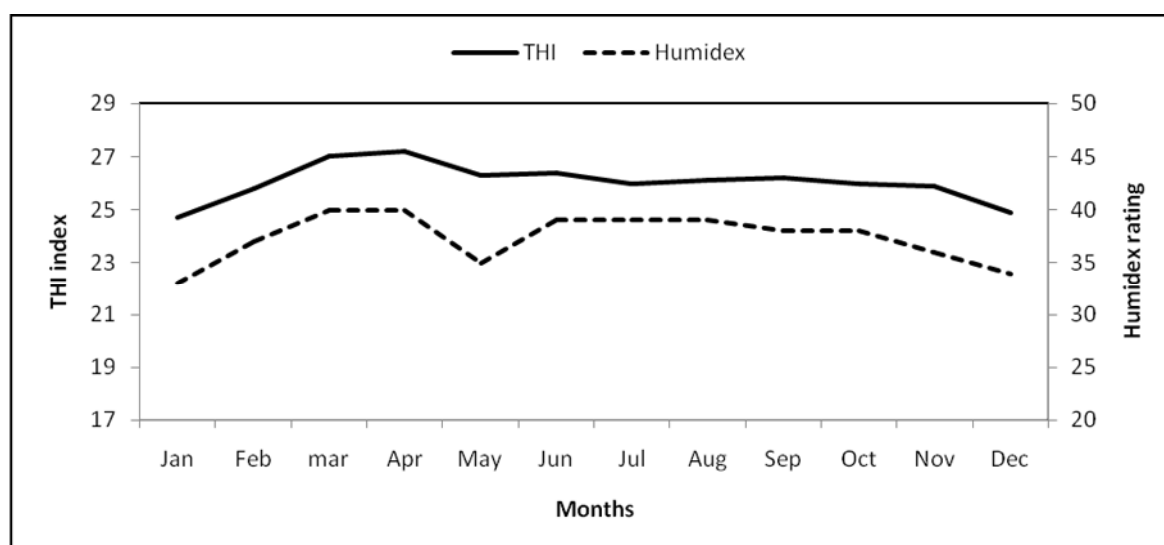


Fig. 3. Monthly variation in the levels of outdoor thermal comfort

Source: Fieldwork (2013)

THI index recorded the highest comfort levels of 27.2. The lowest comfort level however was recorded in January at 24.7. The highest THI record was obtained in the discomfort class. The lowest comfort level on the other hand was recorded at a comfortable class. This conforms to the humidex result obtained.

There is a decrease in the mean December and January temperatures. This could be attributed to the continental air which prevails over most of Nigeria during the season thereby influencing increases with distance from the coast. In addition, the cloudless condition characterized by continental air results in rapid heat loss during the night hence, reduction in air

temperature. The January pattern takes a reversed pattern from February to April where highest mean monthly temperatures records range to about 40°C. This agrees with the study conducted by Ojo (1977).

The result suggests that the most discomfort months in Makurdi are from March to May. These months of high discomfort will have negative economic health and social life consequences. The increased and intensified discomfort could result in billions of dollars in economic damage annually. This was also observed by Patz Campbell-Lendrum and Foley (2005) in Europe in 2003 when an abnormal and extreme heat wave was experienced which killed more than 35,000 people thereby causing an estimated \$135 billion in economic damage. This period as a result, could discourage investors into Makurdi since it is not a relative favourable period of living within the area.

Exposure to heat stress can cause physical problems which impair workers' efficiency in mental tasks and may cause adverse health effects such as increased irritability, loss of concentration, fatigue and threat of exhaustion which are mental, psycho-physiological and physiological problems. This was also observed by Kenny (2011) and Tyubee (2004) confirms that about 80% of respondents experienced heat-related disorders such as insomnia, heat rashes, irritation and exhaustions during April 2004 in Makurdi. Vanos, Warland, Gillespie and Kenny (2010) adds that exposure to such thermal condition results to chronic heat exhaustion, sleep disturbances and susceptibility to minor injuries and sickness. Tyubee (2005) further reports that communal conflicts in Tivland, Benue State are also related to high temperatures.

3.2 SEASONAL VARIATION IN LEVELS OF OUTDOOR THERMAL COMFORT

The result of seasonal variation in outdoor comfort in Makurdi is presented in figure 4.

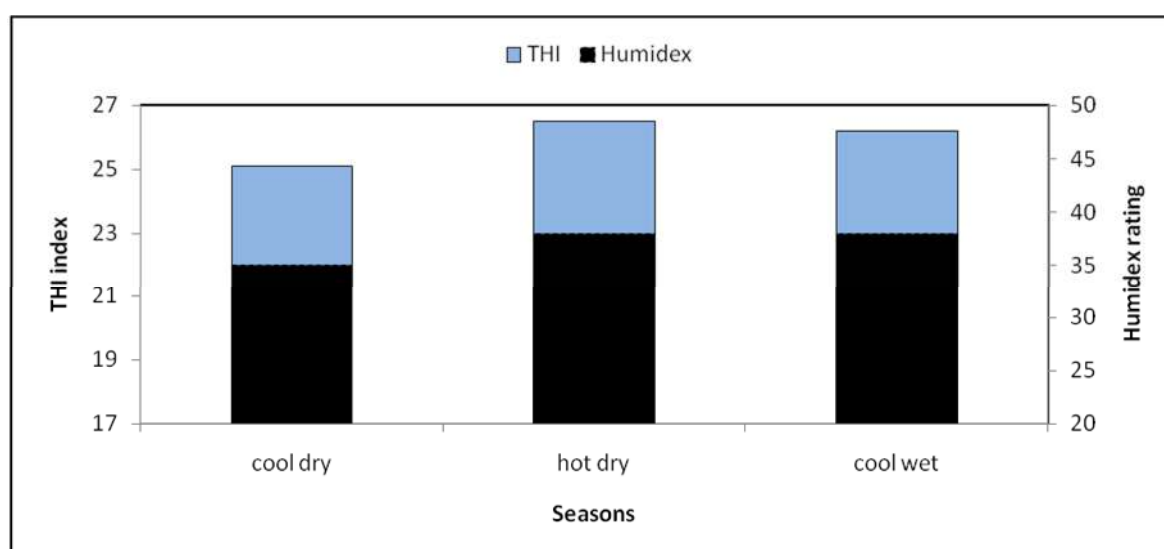


Fig. 4. Seasonal variation in levels of outdoor thermal comfort (1970 – 2010)

Source: Fieldwork (2013)

The highest THI level of 26.5 at transitional warm was recorded during the hot dry season. The lowest comfort range of 25.1 was shown during the cool dry season. The lowest comfort range was at a transitional warm level. Even though there are slight variations in the three seasons, the two indices show a transitional warm condition which agrees with the humidex result.

The seasonal variation in outdoor thermal comfort in Makurdi is related to seasonal variation in weather condition. The hot dry season is characterized by lack of cloud cover, low humidity, lack or little rainfall which increases solar radiation receipt and high temperature. Lower temperatures however occur at the peak of the rainy season (August) because of the dense cloudcover and high albedo experienced during the period. The relative higher discomfort level experienced in the cool wet season as compared to the cool dry is as a result of the energy cycle (Ojo, 1977). The low temperatures as a result of dense cloud cover during the cool wet season obstruct incidence radiation. The energy received by the earth has little or no reflective ability thereby continuously cycling within the atmospheric earth as rainfall. As a result giving rise to a warm thermal

environment even with the presence of the rains. The clear skies experienced during the cool dry season permits high incidence rays and complete energy loss through reflection.

The result reveals that all the three prevailing seasons in Makurdi record some discomfort (transitional warm) in the levels of thermal comfort. This agrees with Okpara, Kolawole, Gbuyiro and Okwara (2002) study conducted in Akure which was conducted partly in the cool wet and partly cool dry seasons. Patz et, al (2005) explains that a constantly discomfort environment of this nature plays a large role in the derivation of human health due to physical inactivity. This leads to higher rates of illness, heart disease, obesity and heat related casualties.

4 CONCLUSION

Based on findings of this research, the following conclusions were drawn:

The least mean annual temperature of 27.3°C, was recorded in 2007 while 29.6 °C the highest was obtained in 2010. Humidity however, recorded 46.5% as the least in 1989 and 79.6% in 1974 as the highest annual records.

Highest thermal discomfort in Makurdi occurred in the month of April. Relatively, the most comfortable month is January. Makurdi generally experience some discomfort through out the year.

Though there is variation in the annual thermal comfort levels, 1971 – 1989 period was generally comfortable compared to other periods. There is however an increasing trend in thermal discomfort from 1990 – 2010 in Makurdi.

5 RECOMMENDATIONS

Based on the research findings, the following recommendations were made to control the increasing level of thermal discomfort in Makurdi.

Vegetation has positive influence on the thermal environment hence, should be greatly encouraged and adopted within the town. This could be in form of flowers, lawns, gardens and trees. Tree planting should be encouraged particularly; artificial parks should be given priority in order to curb the dangers associated with thermal discomfort.

Urban structures should be well sited hence, proper urban planning done. The use of building and construction materials which greatly absorb heat but have less reflective ability should be discouraged and modern technology in high reflective building materials which control high heat absorption and have high reflective capacity be introduced

Landscaping should be controlled. This is because landscaped surfaces have high heat absorption capacity. Also, a long term urban integrated programme based climate change adaptation and implication to disaster risk reduction is required, taking into cognizance the assessment planning implementation, training and capacity building with particular action research.

Detail study on the effect of climate variability should be conducted on outdoor thermal comfort within the study area to ascertain the actual effect on the thermal environment.

Also, the dress code should be greatly considered. This is because when the environment is thermally discomfort but light clothings are worn, the discomfort is relatively mitigated thereby making the people within such an environment feel relatively comfortable.

ACKNOWLEDGEMENTS

My greatest appreciation goes to the Almighty Father for bringing me thus far in life and leading me through this programme.

My profound appreciation goes to my supervisor Dr. Bernard T. Tyubee for thoroughly guiding and directing the research. I am grateful to Dr. S.A. Iorkua, the Departmental Postgraduate Coordinator and Dr. D.S. Ortserga, the Head of Department and all lecturers and staff of the Department of Geography for their wonderful contributions to the research work.

I am grateful to Mr A.K Danjuma, Mr B Umaru, Mr B.D Angyu and Mrs V.C Chuma for their great contributions to the realization of this research work.

I am indebted to my loving parents Mr. and Mrs. Titus T. Akera and my entire family for their financial and moral support. You have firmly placed this ladder I have climbed to this height in life.

I thank Mr. Angwe Martins for ensuring that I get the needed articles for the review of literature and Mr. Fave Jacob for putting me through the graphing of this piece. I can not leave out Mr. Kyonev Morris Terhemba for his immense financial and moral support for actualization of this research work. God in His infinite mercy shall reward you all abundantly.

REFERENCES

- [1] Ahmed, A.B., Ifeoluwa, A. B., and Zachariah, D.A., (2010) “ Comparisons of urban and rural heat stress conditions in a hot-humid tropical city. *Global Health Action*, vol. 3.
- [2] Al-Hemaidi, W.K., (2001): “The metamorphosis of the urban fabric in an Arab-Muslim city: Riyadh, Saudi Arabia”. *Journal of Housing and the Built Environment*, vol. 16, pp 179 – 201
- [3] ASHRAE (1966) Thermal comfort conditions. ASHRAE standards. New York: ASHRAE .pp.55 – 66
- [4] Ayoade, J.O., (2004) Introduction to Climatology for the tropics. Ibadan, Spectrum Books Limited.
- [5] Eben Saleh, M.A., (2010) The evolution of planning and urban theory from the perspective of vernacular design: MOMRA Initiative and improving Saudi, Arabian Neighbourhoods. *Journal of Land Use Policy*. Vol. 18, pp. 179 – 190
- [6] Eliasson, I., (2000) The use of climate knowledge in urban planning. *Journal of landscape and urban planning*. Vol. 48, pp. 31-44
- [7] Fanger, P.O., (1967) Calculating thermal comfort: Introduction of a basic comfort equation. *ASHRAE Transaction*, vol. 73, pp 1-111
- [8] Fanger, P.O., (1970) Thermal comfort. Copenhagen: Danish Technical Press
- [9] Fanger, P.O., (1973) Assessment of man’s thermal comfort in practice. *British journal of Industrial Medicine*. Vol. 30. pp. 313 –324
- [10] Ichinose, T., Shimodono, K., and Hanki, K., (1999) Impact of anthropogenic heat on urban climate in Tokyo. *Journal on Atmosphere and Environment*. Vol. 33. pp. 3897-3909
- [11] ISO 7730 (2005) Ergonomics of the thermal environment –analytical determination and interpretation of thermal of comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria
- [12] Johansson, E., (2006a) “Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco”. *Journal on Building and Environment*. Vol. 41, pp. 1326-1338.. *Journal of Atmospheric Environment*. Vol, 27B, pp. 1-13
- [13] Lin, T.P., Ho, Y.F., and Huang, Y.S., (2007) Seasonal effect of pavement on outdoor. thermal environment in Subtropical Taiwan. *Journal on Building and Environment*. Vol. 42, pp. 4124 – 4131
- [14] Lin, T.P., Matzarakis, A., and Hwang, R., (2010) Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Journal on Building and Environment*. Vol 54(1), pp. 213 – 221
- [15] Mayer, H., Holst, J., and Imbery, F., (2009) “Human thermal comfort within urban structures in a Central European City. The 7th International Conference on Urban Climate. Yokohama, Japan.
- [16] Okpara, J.N. Kolawole, S.M. Gbuyiro, S.O., and Okwara, M.O. (2002): Investigating the effect of weather parameters on the human comfort and discomfort of habitants of urban environments of Akure, in Nigeria. *Journal of the Nigerian Meteorological Society (NMS)*, Vol. 3, Pp. 12 – 18.
- [17] Parsons K.C., (2003) Human thermal environment. The effects of hot moderate and cold environments on human health, comfort and performance. 2nd ed. New York: Taylor and Francis
- [18] Robitu, M., Musy, M., Inard, C., and Groleau, D., (2006) Modeling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate. *Journal on Solar Energy*. Vol. 80, pp. 435-447
- [19] Tyubee, B.T. (2004): Thermal problem and physiological indoor comfort in Makurdi, Nigeria. *Journal of Science and Technological Research*, 1 (1 & 2). 152 – 160.
- [20] Tyubee, B.T. (2005): Influence of extreme climate in communal disputes in Tiv land of Benue State. Paper Presented during the Conference on Conflicts in the Benue Valley held at Benue State University, Makurdi on 16th and 17th March, 2005.
- [21] Vanos, J.K, Warland, J.S., Gillespie, T.J., and Kenny, N.A., (2010) Review of the physiology of human thermal comfort while exercising in urban landscapes and implications for biotic design. *Journal of Biometerol*. Vol. 54, pp. 319 – 334
- [22] Wong, N.H., Steve, K.J., Rosita, S., Anseina, E., and Marcel, I., (2011) A climatic responsive urban planning model for high density city: Singapore’s Commercial District. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*. pp. 323 – 325.
- [23] Yahia M.W (2012) Microclimate and Thermal Comfort of Urban Space in Hot Dry Damascus. Sweden: media- Tryck, Lund
- [24] Yilmaz, S., Toy, S., and Yilmaz, H., (2006) “Human thermal comfort over three different land surfaces during summer in the city of Erzurum, Turkey. *Journal on Atmosfera*. Vol. 20(3), pp. 289-297.

CHARACTERIZATION OF CONCRETE REINFORCED WITH BORASSUS AETHIOPUM MART SUBMITTED TO PRESTRESSING BY PRETENSIONING: BEHAVIOURAL SIMULATION

Valéry K. DOKO¹, Ernesto HOUEHANOU², Gérard GBAGUIDI AÏSSE¹⁻³, Robert MICHZOZOUNNOU¹⁻³, and Hugues MEHOU³

¹Laboratory of Energetics and Applied Mechanics (LEMA) - EPAC, Benin

²National University of Sciences, Technologies, Engineering and Mathematics (UNSTIM), Abomey, Benin

³Laboratory of Mechanics and Structure (LAMS), ESGC VERECHAGUINE A.K., Benin

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present work is taken into account for the study of the possibility of substituting steel reinforcements by reinforcements of Borassus Aethiopum Mart. Specifically, the purpose of our study was the use of Borassus in the field of prestressing. Several tests have been carried out for this purpose. The characterization tests of the materials carried out at the beginning of this study on the constituents of the concrete made it possible to adopt a concrete formulation by the DREUX-GORISSE method. This allowed us to make six test pieces; Three with steel reinforcements and three others in frame of Borassus. After their preservation for 28 days, they were subjected to flexion tests four points. Thus the loads and the arrows induced were recorded for the different types of concretes. In addition, we performed the direct traction test. This test allowed us to define the elastic zone of our framework of Borassus. A simulation of the flexion test four points on the Borassus reinforced concrete subjected to prestressing by pre-tensioning was then made. This taking into account the elastic zone of our framework and the physical and mechanical characteristics of the reinforced concrete of Borassus. The overall flexural behavior of four points of prestressed beams by numerical simulation and those of reinforced concrete of steel reinforcements were analyzed. The results obtained allow us to conclude that the elastic stress of Borassus reinforced concrete subjected to prestressing is superior to that of reinforced steel.

KEYWORDS: Borassus Aethiopum Mart, tests, prestressing, simulation, elastic stress.

1 INTRODUCTION

With the Millennium Development Goal n° 7 (MDG 7) " To ensure a sustainable environment" the world has set itself the goal to halve the proportion of people suffering from hunger and to significantly improve housing conditions of at least 100 million hovel dwellers around the world. Face to socio-economic problems in rural areas, many people are demanding for a real promotion of natural resources. The reflections of the great institutions and researchers on this subject have led to the valorization of local building materials as a solution. Indeed, the promotion of so-called "local" building materials can be interesting in sub-Saharan countries, especially in the countryside. These local materials have the advantage of responding validly to the question of architectural heritage; during these last decades, researches have shown the possibility of substitution of steel by reinforcements of Borassus Aethiopum Mart [1], [6]. Borassus AETHIOPUM, one of these local materials, commonly called rônier in French is a plant species encountered in Sahelian Africa in general and in Benin in particular. Some authors recognize it as a fibrous tree that grows in the temporarily flooded slums of Sahelian Sudanian zones of Africa [3]; others show that the rônier constitutes in Africa one of the best woods in the Sahelo-Sudanese zone [4]. This possibility of substitution by binding with the numerous advantages of this material has led researchers to know the typology of the Borassus plant species, to become acquainted with its endogenous use as timber, to study its physical, mechanical and chemical characteristics. Later, other conclusive studies were carried out in the direction of comparison of reinforced concrete of steel to that reinforced with Borassus under various stresses. Apart from conventional reinforced concrete in civil engineering, today we have prestressed

concrete, an invention of Eugène Freyssinet in 1928. This concrete is a known technology, unambiguous and commonly used technology for large crossing structures. It is also widely used for precast floor joists and many other types of structures. But, in the idea of substituting steel by Borassus reinforcements, could we subject them to prestressing in order to have concrete reinforced with Borassus Aethiopum Mart submitted to prestressing by pre-tensioning?

This paper presents the results of the work on the characterization of Borassus Aethiopum Mart reinforced concrete subjected to prestressing pre-tensioning by behavioural simulation by using the Ansys Inc. software.

2 METHODOLOGY

The main object of the literature search was to make a bibliographic synthesis which led us to make an inventory of the previous works carried out, to have their results; this allowed us to realize the existence of a bibliographic gap with regard to the objective of our study which is the identification of the connection which will give a maximum resistance in the lapping zone. So we went, for the start of the study, in the forest gallery of Pahou-Ahazon in the South of Benin where we proceeded to the felling, sawing up and putting into planks of a foot of male Borassus Aethiopum Mart. After these stages, the planks were dried at the society ATC du Bois in Allada at a moisture content of 12%. Further to it, we proceeded to the machining of the latter into standardized specimens in the wood workshop of the Coulibaly Technical High School in Cotonou. In a parallel to the previous activities, identification tests have achieved on the samples of lagoon sand, of rounded gravel of Mono and of SCB Bouclier CPJ 35 ciment that will be used in the formulation of concrete reinforced with Borassus Aethiopum Mart. The Laboratory of Materials and Structures (LAMs) of the Véréchaguine A. K High School of Civil Engineering served as a framework for the achievement of various mechanical tests on samples and specimens.

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 PHYSICAL CHARACTERISTICS OF MATERIALS

On the materials used in the mixing of the concrete of study (lagoon sand, Mono rounded gravel and CPJ cement), physical characterization tests such as grain size analysis by sieving, specific gravity, bulk specific density and sand equivalent were made. Some tests of grain size analysis of the lagoon sand, of specific gravity, of bulk specific density and of sand equivalent, gave us the results recorded in the following table:

Table 1. Summary of materials characteristics

	Lagoon sand	Rounded gravel from Mono	Cement
Granular class	0.08/5	5/15	-
Coefficient of Finess FM	2.55	-	-
Uniformity Coefficient of Cu	3.255	.538	-
Curvature Coefficient of Cc	1.23	1.06	-
Specific density (g/cm³)	1.42	2.05	-
Bulk specific density (g/cm³)	1.5	1.62	3,10
Density « SSS »	2	-	1,00
Percentage of absorption	0.33	1.60	-
E.S	89.47	-	-
E.S.V	94.74	-	-

From the various results obtained, we formulated the concrete to be used for the molding of the beams.

3.2 MECHANICAL CHARACTERISTICS OF FORMULATED CONCRETE

The formulation of the concrete was made according to Dreux-Gorisse's method [5] where we wish to make a plastic concrete for the realization of beams with a maximum size $D_{max} = 31.50$ mm for aggregates. The desired resistance is $\sigma_n = 300$ bar. Aggregates are of current quality, rounded with a normal vibration of SCB of the true class at 490 bars.

The slump in the desired cone is 5 cm.

The different tests were carried out in the Laboratory of Materials and Structures (LAMS) of the V.A.K. High School of Civil Engineering (ESGC-VAK). Among these tests, we have:

- **Abrams cone slump test carried out on fresh concrete (NF EN 12350-2)**

This test was carried out every time we poured the concrete for the construction of the beams.

After each concrete mixing, we measured the workability of our concrete by making the Abrams cone slump test.



Fig. 1. Subsidence test in progress

This allowed us to note a medium subsidence of the Abrams cone obtained from 5cm allowing us to conclude that our concrete is firm and well-vibrated.

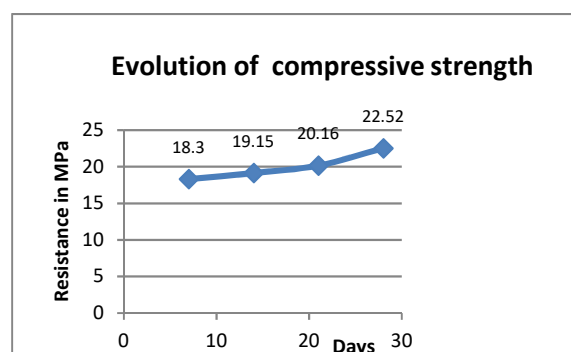
- **Compression test on hardened concrete (NF P 18 – 406)**

The assessment of the strength of our concrete was made by carrying out compression tests on cylindrical specimens with a diameter of 16 cm and a height of 32 cm according to the standard NF EN 12390-3.



Fig. 2. Start of compression test on hydraulic press

The tests were performed after 7, 14, 21 and 28 days on two (2) different samples. The evolution of the compressive strength of our test pieces is shown in the figure below:



The breaking stress of the concrete used for the construction of the beams is : $f_{c28} = 22.52$ MPa

- **Four-point bending test (NF P 98- 302)**

Four (04) points bending tests were performed on three rônier beams and three steel beams.



Fig. 3. Beginning and end of the four-point bending test

The results obtained during this test, in particular the values of the breaking forces, the maximum sags and the Young's modulus of the different types of beams are recorded in the table below:

Table 2. Values of breaking forces, maximum sags and Young's modulus

Designation	Breaking force (daN)			Average of the breaking force (daN)	Maximun sags (mm)	Young's modulus (MPa)
Beam reinforced with Borassus	1005,75	1061,25	1087,5	1052,00±10	0,47	690,75
Beam reinforced with Steel	1172,25	1185	1140,45	1166,00±13,33	0,44	817,01

- **Direct tensile test (ASTM D1037)**

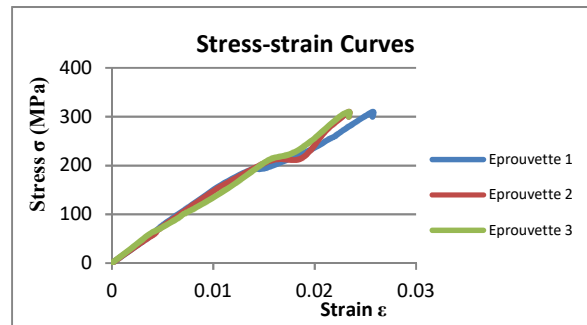
Direct tensile tests were carried out on three rônier test pieces.



Fig. 4. Placement of the test specimen; beginning and end of the direct tensile test

The results of these tests allow us to draw the stress-strain curve of Borassus Aethiopum Mart in Traction. We note on the series of tests that the three curves allow us to identify only the elastic domain.

These different tests also give us information about the type of breaking observed at the test tubes of Borassus Aethiopum Mart; it is an elasto-fragile breaking.



The treatment done on the results obtained is summarized in the table below.

Table 3. Values of elastic stresses, breaking stresses and strains in the elasticity

Designation	Elastic stresses (MPa)	Breaking stresses (MPa)	Deformations in the elasticity
Specimen 1	190	310	0.0135
Specimen 2	210	310	0.0156
Specimen 3	205	310	0.0149
AVERAGE	200±10	310	0.0148

4 BEHAVIOURAL SIMULATION IN FLEXION FOUR (04) POINTS OF THE ARMED BEAMS OF BORASSUS SUBJECTED TO PRESTRESSING BY PRETENSIONING

Using the ANSYS Inc. software, we simulated the test of pretensioning by pretensioning to know the elasticity and breaking stress, in four (04) points bending, of a beam reinforced with Borassus Aethiopum Mart subjected to prestressing by pretensioning.

4.1 PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF MATERIALS

In order to facilitate the task of writing the program and inserting the data of each material, we present here the summary of the physical and mechanical characteristics of these materials.

Table 4. Characteristics of the material " Concrete "

	Young's Modulus E (MPa)	Poisson's ratio ν	Shear modulus G
Value	30000	0.2	12712

Table 5. Material's characteristics " Steel "

	Young's Modulus E (MPa)	Poisson's ratio ν	Shear modulus G
Value	200000	0.3	76923

Table 6. Characteristics of the material " Borassus Aethiopum Mart "

Young's Modulus E (MPa)	17196
Density at 12% moisture	0.89±0.003
Maximum elastic stress in parallel traction to fibers at H = 12% (MPa)	200±10
Breaking stress in parallel traction to fibers at H = 12% (MPa)	310
Poisson's ratio ν	0,2
Shear stress perpendicular to fibers (MPa)	13.59±1.02
Shear stress parallel to fiber (MPa)	0.88±0.22
Young's modulus in shear (MPa)	13.59

4.2 BASIC DATA AND ASSUMPTIONS FOR THE SIMULATION

In order to facilitate the writing of the program, the following data are essential:

Dimension of the test piece: 15cm x 15cm ; Length of the test piece: 91cm ; Section of Borassus bar: 2cm x 2cm

Length of Borassus bar: 101cm ; Tensile force $N_{max} = 80$ kN ; The tensile stress: $\sigma = 200$ MPa

Prestressing force $N = 80$ kN ; Offset (cm): $e_1 = 0$; $e_2 = 0$; $e_3 = 0$ because it is a self-stressing.

Later on, we have, in the idea to get much closer to the reality of performing the four-points bending test, issued a number of assumptions listed below:

- Perfect adhesion between the Borassus bar and the concrete;
- The supports used are cylindrical;
- The square sections are likened to circular sections.

4.3 WRITING OF PROGRAM

It is a question of observing the behaviour of a beam of 91cm long and of section 15x15cm², subjected to a pre-tensioning.

The simulation performed is done according to the following stages:

Definition of the study and the geometry

Definition of loading and boundary conditions;

Application of properties of materials (introduction of characteristics);

Treatment of the model: It is recommended that this processing must be done before creating the mesh;

Creation of the mesh: The mesh begins with the evaluation of the geometry;

The resolution of the system;

The preparation of the report and the observation of the results can finally be done.

4.4 MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE FORMULATED CONCRETE

- Geometry, loading and mesh of the Borassus Aethiopum Mart reinforced beam

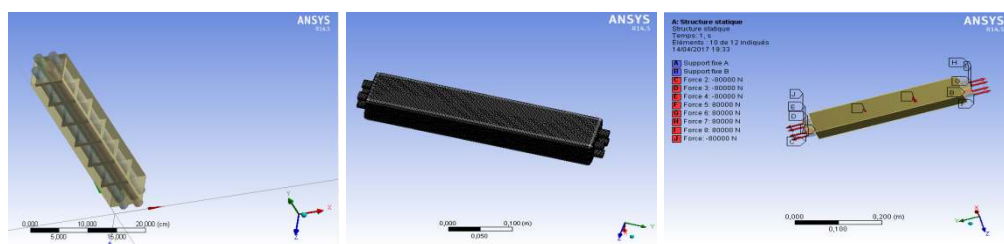


Fig. 5. Beam reinforced with Borassus Aethiopum Mart

Before the calculations started, we had made sure that the stages were verified. The figure above shows that all the stages have been verified successfully.

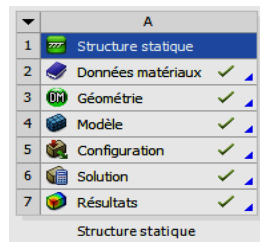


Fig. 6. Verification of different stages

• Stresses, strains and displacements

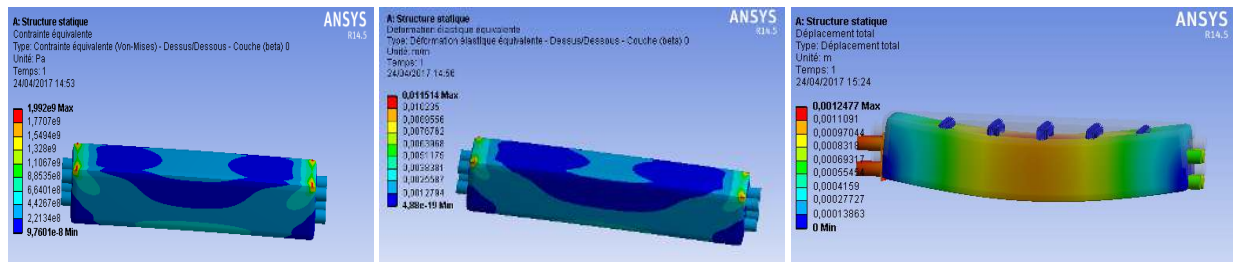


Fig. 7. Stresses, strains and displacements recorded in the beam reinforced with *Borassus Aethiopum Mart* subjected to prestressing

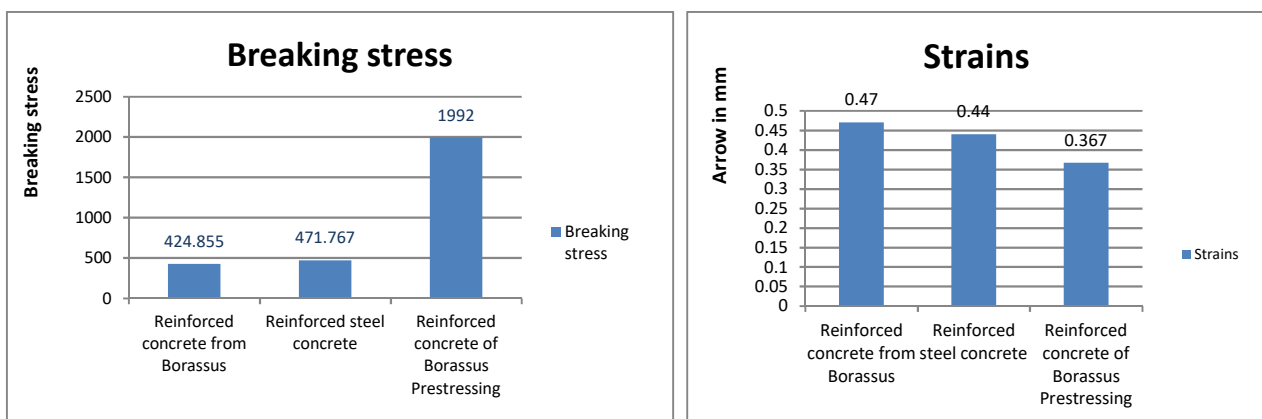
Considering the results obtained on ANSYS, we note that the diffusion of stresses and deformations is more important at the edges of the beams. This is explained by the fact of the application of tension in the reinforcements which in turn induces a compression in the concrete. As for displacements, we noticed with ease that the adhesion between the bars of *rônier* and the concrete is almost non-existent; which is not the case between the steel transverse reinforcement and the concrete.

4.5 INTERPRETATION AND ANALYSIS OF RESULTS WITH OTHER TESTS DONE

From the results obtained, it can be concluded that the tensioning of the *Borassus* reinforcement has a considerable influence on the breaking strength of the beam in four (04) points bending; therefore of the breaking stress.

Further, this tensioning of the *Borassus* reinforcements avoids the observation of a big arrow during the achievement of the simulation test even though we observe a non-adhesion between the concrete and the *Borassus*. These interpretations led us to conclude that concrete reinforced with *Borassus Aethiopum Mart* subjected to pretensioning by pretensioning offers better characteristics than a single-steel reinforced concrete.

It would be interesting to test the laboratory for confirmation of results.



5 CONCLUSION

The purpose of the study presented was to compare the values of the elastic and breaking stresses at four (04) points bending of concrete beam reinforced with Borassus subjected to prestressing by pretensioning with those of concrete beam reinforced with steel. This aim is achieved by first making a physical and mechanical characterization in the laboratory of the various materials used in the manufacture of our beam reinforced with Borassus Aethiopum Mart armature and finally the determination of the elasticity and breaking stress of our different types of beam.

The bibliographical synthesis has highlighted the utility of Borassus wood as reinforcement in concrete; which allowed us to characterize this Borassus reinforcement in other aspects: prestressing.

Modeling and behavioural simulation with ANSYS software Inc. showed.

REFERENCES

- [1] GBAGUIDI V. S., GBAGUIDI-AISSÈ L.G., GIBIGAYE M., ADJOVI E., SINSIN B. A., AMADJI T. A., 2010. Détermination expérimentale des principales caractéristiques physiques et mécaniques du bois du rônier (Borassus Aethiopum Mart) d'origine béninoise. J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo), Série E, 12(2), 1-9.
- [2] GBAGUIDI. V. S., GBAGUIDI-AISSÈ L. G., GIBIGAYE M., AMADJI T., A., AGOSSOU Y. D., SOCLO P., SINSIN B. A., 2011. Étude de la possibilité d'utilisation du rônier comme armature végétale dans les éléments en béton : cas des poutres. Annales des Sciences Agronomiques, 15(1), 67-78.
- [3] CABENNES, Y., CHANTRY, G., 1987. Le rônier et le palmier à sucre : Production et mise en œuvre dans l'habitat. Edition GREF, France, 90p.
- [4] GIFFARD, P. L., 1972. Le palmier rônier, Borassus Aethiopum Mart « Bois et forêt des tropiques » N°116, édition CTFT, Paris (France), p.12.
- [5] CIMBETON, 2006. Les bétons : formulation, fabrication et mise en œuvre, tome2. Fiche technique. Paris : Amprincipe Paris.
- [6] HOUANOU, D., S., E., 2004. Importance socio-économique du rônier (Borassus Aethiopum Mart) : Différents usages et commercialisation de quelques sous-produits au Bénin. Mémoire de DEA, EDP/GEN-UAC, Cotonou, Bénin.
- [7] SOHOUNHLOUE, Y., J., 2014. Caractérisation des joints inter-faciaux des fibres végétales : cas du rotin du Cameroun.
- [8] GBAGUIDI-AÏSSE L. G. Etude de la possibilité d'utilisation du rônier comme armature végétale dans les éléments en béton: Cas des poutres, Anales des Sciences Agronomiques. – 2011. – Vol. 15, № 1.
- [9] DIALLO Malick. Le comportement du rônier (Borassus Aethiopum) dans les rôneraies paysannes des régions de Fatick et de Thiès. – Sénégal : Université de Laval (Québec), 1987.
- [10] BLETRY Marc. Méthodes de caractérisation mécanique des matériaux. – 2006–2007. – P. 2–6.
- [11] SAMAH O-D. Utilisation des matériaux locaux dans la construction des ouvrages du Génie Civil: Le cocker: caractéristiques et utilisations. – CCL Cacavelli, 1988.
- [12] THONIER H. « Le béton précontraint aux états limites ».Presses de l'école nationale des ponts et chaussées (1992).
- [13] CHAUSSIN R. et al. « La précontrainte ».Presses de l'école nationale des ponts et chaussées (1992).
- [14] FUENTES J. « La précontrainte dans le bâtiment ». Eyrolles (1983).
- [15] ADJIBOLA L. 2009. Comportement du Borassus dans le béton. Mémoire d'ingénierie, EPAC/UAC, Cotonou, Bénin.
- [16] AHOUCANDJINO A. 2009. Etude comparative de la résistance d'une pièce en béton arme de Borassus section circulaire et celle d'une pièce en béton arme de Borassus de section carrée. Mémoire d'ingénieur de conception, EPAC/UAC, Cotonou, Bénin.
- [17] BOUSSARI A. M. A. 2008. Caractérisation physique et mécanique du Borassus Aethiopum. Mémoire d'ingénierie, EPAC/UAC, Cotonou, Bénin.
- [18] VODOUNSI B. N. 2009. Etude du comportement du Borassus dans le béton par rapport à la variation de son taux d'humidité. Mémoire d'ingénieur de conception, EPAC/UAC, Cotonou, Bénin.
- [19] FOUJET, A., FOMO, J., 1995. Une nouvelle méthode d'accroissement de l'adhérence entre une armature en matière végétale et le béton (effet de confinement) : cas de l'armature de rotin dans le béton de nodule latéritiques, Journal of materials and structures, Vol. 28 N°9 pp 554-557.

Analyse de régime juridique des sanctions en droit international et la protection des droits de l'homme : Regard sur la République Démocratique du Congo

Régis Katuala Gize¹, Hervé Kimoni Unga Bosse²⁻³, Peter Talaguma Madrandele⁴, Christian Utheke Udongo⁵, and Eric Wanok Berniwegi⁶

¹Université de Kisangani, RD Congo

²Jurisconsulte en Droit international et spécialiste en aménagement et gestion intégrés des forêts et territoires tropicaux, RD Congo

³Conseiller juridique en application des lois dans les aires protégées, RD Congo

⁴Politologue et Assistant, Institut Supérieur Pédagogique de Watsa, RD Congo

⁵Assistant du deuxième mandat, Université de Bunia, RD Congo

⁶Chercheur indépendant en droit public, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: L'irrésistible émergence de l'individu en droit international constitue l'une des grandes évolutions du droit international public. D'essence interétatique par nature, le droit international appréhende désormais l'individu que ce soit pour le protéger, pour le punir, ou pour prévenir et mettre fin aux menaces qu'il fait peser sur la paix et la sécurité internationale. C'est sous cet angle que les États-Unis et l'Union Européenne ont décidé de prendre des mesures restrictives à l'encontre des certaines autorités Congolaises, arguant que ces derniers sont auteurs d'actes des violations des droits de l'homme, de répression envers les médias et de l'entrave au processus électoral pour les autorités politiques et aux autorités sécuritaire d'être auteur de la répression des manifestations de l'opposition et de la société civile ou d'utiliser la force de manière disproportionnée. A cet effet il est alors question d'analyser le régime juridique des sanctions en droit international, et préciser si ces mesures sont-elles liées à quel droit. Nous nous sommes servis de la méthode juridique qui a été soutenue par la théorie volontariste en droit international ; la technique documentaire aussi a été mise en contribution pour la réalisation de ce texte.

En tout état de cause, nous pouvons affirmer que ces sanctions constituent bel et bien une forme de dissuasion sur les violations des droits de l'homme enregistrées en République Démocratique du Congo. Toutefois, les personnes incriminées restent jusqu'en preuve du contraire présumées innocentes et ont plein droit d'introduire leurs recours auprès des Etats ou Organisations internationale dont lesdites sanctions sont d'origine voire devant les cours et tribunaux internationaux.

KEYWORDS: gels des avoirs, répression, entrave démocratique, sanctions unilatérales, violations des droits de l'homme, droit de recours.

1 INTRODUCTION

La République Démocratique du Congo est confrontée, depuis 2016, à une crise politique occasionnant les graves violations des droits de l'homme.

Cela a conduit l'Union européenne et les États-Unis à prendre des sanctions ciblées à l'encontre de neuf hauts responsables congolais qui ont joué un rôle majeur dans la répression au cours des deux dernières années (2016 à 2018).¹

La Mission de l'Organisation des Nations Unies pour la Stabilisation du Congo, MONUSCO, en sigle, ainsi que les Organisations des droits de l'homme ont également produit plusieurs rapports attestant que les graves violations des droits de l'homme ont été commises.

Selon le Human Rights Watch les sanctions américaines, consistant notamment en gels des avoirs, touchent des personnes placées plus haut dans la chaîne de commandement que les précédentes sanctions annoncées en juin et septembre. Elles ciblent certains hauts responsables politiques, de l'armée et des services de sécurité. Ces derniers seraient, pour les rapports précités, l'essentiel chevilles ouvrières de la répression au cours des deux années écoulées, alors que Kabila cherchait à se maintenir au pouvoir au-delà de l'expiration de son mandat.²

Les sanctions de l'UE, qui comportent des interdictions de voyager à l'étranger et un gel des avoirs financiers, visent notamment quatre individus qui, selon l'UE, ont *contribué en planifiant, dirigeant ou commettant, des actes constituant de graves violations des droits de l'homme en RDC*.³

L'UE a imposé des sanctions contre trois autres personnalités de haut rang *faisant obstacle à une sortie de crise consensuelle et pacifique en vue de la tenue d'élections en RDC, notamment par des actes de violence, de répression ou d'incitation à la violence, ou des actions portant atteinte à l'état de droit*.⁴

La question que l'on se pose est de savoir quel est le régime juridique de ces sanctions ? Ces sanctions ne violent-elles pas les droits fondamentaux des individus ?

2 SECTION1 : DE L'ANALYSE DE SANCTIONS DANS L'ORDRE JURIDIQUE INTERNATIONAL

À la lecture de cas sous examen, l'on peut comprendre que les sanctions ciblées en droit international portent sur des mesures que prennent des Etats contre les auteurs représentant un autre Etat, soupçonnés avoir violé dans leurs actions des règles de *jus cogens* ou des règles fondamentales des droits de l'homme. Elles ne sont pas un domaine nouveau du droit international, elle existe dans la vie internationale depuis l'affirmation du *jus cogens*. Dans son opinion dissidente, dans *l'affaire du statut international du Sud-ouest africain*, le juge TANAKA affirma que « Si l'on est fondé à introduire en droit international un *jus cogens*, sorte de droit impératif par opposition au *jus dispositivum* susceptible de modification par voie d'accord entre les Etats, il n'y a pas de doute que l'on peut considérer le droit relatif à la protection des droits de l'homme comme relevant du *jus cogens* ». ⁵

Il est vrai que certaines personnes n'acceptent pas qu'un Etat décide de sanctionner la personnalité d'un autre Etat sous prétexte que les droits de l'homme sont violés. Dans l'angle juridique du droit international les sanctions ciblées doivent être prises sur deux fondements et dans le régime juridique des mesures implicites du droit international. La notion de pouvoirs implicites désigne les pouvoirs non expressément disposés dans la charte constitutive de l'organisation internationale, ce sont des pouvoirs qui se déduisent de celle-ci par une interprétation évolutive qu'en donne le juge international à l'occasion d'un litige. Le procédé peut sembler critiquable car ce genre de pouvoirs est reconnu à une organisation internationale, sujet de droit international mais sujet qui trouve son existence dans la volonté des Etats originaires qui l'ont constitué. C'est un sujet qui n'est pas d'origine naturelle par opposition au sujet étatique. C'est ainsi que on parle de sujet dérivé ou secondaire de droit international.⁶ Même si les conventions sur le respect des droits de l'homme et la Charte des Nations-Unies ne donnent

¹ Human Rights Watch, *RD Congo : Qui sont les 9 individus sanctionnés par l'UE et les États-Unis ?* Disponible sur : « <https://www.hrw.org/fr/news/2016/12/16/rd-congo-qui-sont-les-9-individus-sanctionnes-par-lue-et-les-etats-unis> », (Consulté le 06 juin 2018).

² Ibidem.

³ Ibidem.

⁴ Human Rights Watch, *RD Congo : Qui sont les 9 individus sanctionnés par l'UE et les États-Unis ?* Op.cit., (Consulté le 06 juin 2018).

⁵ Voyez Opinion dissidente du juge Tanaka, *Statut international du Sud-ouest africain*, p. 298.

⁶ DOC DU JURISTE, *Les pouvoirs implicites dans les organisations internationales*, Disponible sur : <https://www.doc-du-juriste.com/droit-public-et-international/droit-international/dissertation/pouvoirs-implicites-organisations-internationales-448552.html> (Consulté le 15 juin 2018).

explicitement compétence aux Etats d'imposer des sanctions sur des individus des autres Etats, auteurs des violations des droits de l'homme, pour éviter que ceux-ci restent impunis, un Etat membre des Nations Unies, les Nations Unies ou les OI peuvent le faire dans le souci de voir le *jus cogens* s'appliquer.

Les articles 1 et 2 de la Charte des Nations Unies prévoient les buts et principes des Nations Unies : *on lit dans l'esprit de ces dispositions que les Etats membres s'en approprient afin d'atteindre l'objectif principal des Nations Unies qui est le maintien de la paix et de la sécurité internationales.*

Les Etats, en tant que fictions juridiques sont animés par les individus qui les représentent sur la scène internationale. Les sanctions ciblées suivent pénalement les personnalités animateurs de l'Etat qui dans les réalités peuvent rester impunis. Ces sanctions qui peuvent être unilatérales ou multilatérales jouent un rôle important dans le maintien de la paix et des sécurités internationales.

Comment alors les justifier dans les deux fondements qui sont d'ordre de la politique étrangère et d'ordre du droit international public.

2.1 FONDEMENT EN POLITIQUE ÉTRANGÈRE

Lorsqu'un Etat prend unilatéralement décision de geler les avoirs d'une personnalité (celui-ci est bien représentant de l'Etat dans un domaine bien connu et à qui on reproche les violations des droits l'homme) d'un autre Etat, ces sanctions implicites ne relèvent que de sa souveraineté ou de sa compétence discrétionnaire, car les avoirs qui sont en ce moment gelés, se trouvent dans le territoire de cet Etat et sous son régime juridique. Il s'agit simplement des mesures prises pour la protection des droits de l'homme. Claude RUCZ les qualifie des mesures de « rétorsion », c'est-à-dire des actions produisant des effets défavorables sur l'Etat visé mais licites et relevant de la compétence discrétionnaire de chaque Etat souverain.⁷

Et s'il s'agit d'une Organisation internationale, les sanctions ciblées sont multilatérales, elles constituent des « sanctions », régies par le droit propre de l'organisation, même si elles doivent être exécutées par les Etats membres contre un autre Etat membre. Mais quand les sanctions ciblées visent un Etat non membre, il s'agit là des « mesures de protection des droits de l'homme », tel est le cas de la décision de l'UE sur certaines personnalités de la RDC en 2016.

En relations internationales, une décision sur les sanctions ciblées signifierait une contestation, une contre-mesure ou carrément des représailles pacifiques aux actes contraires aux droits de l'homme posés par un Etat par le biais de sa personnalité. Pour paraphraser Claude RUCZ, les représailles sont considérées comme des « mesures de contrainte, dérogoires aux règles ordinaires du droit des gens, prises par un Etat ou une OI à la suite d'actes illicites commis à son préjudice par un autre Etat (certes, par le biais de sa personnalité) et ayant pour but d'imposer à celui-ci, au moyen d'un dommage, le respect des droits de l'homme ».⁸ Ainsi, les sanctions ciblées jouent le rôle des pressions internationales d'ordre pacifique.

La notion de contre-mesure *stricto sensu* évoquée par Claude RUCZ, telle qu'elle est consacrée par le projet d'article 30 sur la responsabilité internationale des Etats, désigne toute mesure illicite admise par le droit international, c'est-à-dire qui perd son caractère illicite parce qu'elle est prise en réaction contre un fait illicite initial⁹. Les contre-mesures incluent ainsi non seulement les mesures de représailles, mais également, dans le cadre des relations conventionnelles, la suspension d'un traité

⁷ RUCZ, C., Droits de l'homme : Les mesures unilatérales de protection des droits de l'homme devant l'Institut de Droit international, *in Annuaire français de droit international*, 1992, Editions CNRS, Paris, p. 581.

⁸ RUCZ, C., *op.cit.*, pp. 581-582.

⁹ R. Ago, commentaire du projet d'article 30, par. 3 : « Les mesures entrant ici en ligne de compte comportent toujours une action qui (...) constituerait dans d'autres conditions la violation d'une obligation internationale, la lésion d'un droit subjectif d'autrui. Ce n'est que par rapport à un agissement de cette nature, en effet, que le fait de représenter la réaction à une infraction internationale d'autrui peut avoir pour conséquence d'effacer son caractère sinon indéniablement illicite ». ACIDI 1979, vol. II, Deuxième partie, p. 128 s. Ch. Leben, *op. cit.* n. 7, pp. 14-16. P. Reuter et J. Combacau, *Institutions et relations internationales*, Paris, PUF, 4e éd. 1988, p. 216.

Hubert Thierry, Jean Combacau, Serge Sur, Charles Vallée, *Droit international public*, Paris, Montchrestien, 5e éd. 1986, p. 195. Cité par *idem*, p.582.

lorsque celui-ci ne le permet pas¹⁰. De ce fait, la violation des droits de l'homme habilite tout Etat à réagir à la fois par des mesures licites et par des mesures illicites.¹¹

Dans tous les cas, il s'agirait pour un Etat ou une OI, de faire pression indirectement à un Etat dont la personnalité est reprochée sur les actes des violations des droits de l'homme décriés en son encontre. Cette *contrainte implicite* qui résulte d'un acte de politique étrangère a pour but d'inciter un Etat à poser un acte juridique au regard du droit international, c'est-à-dire faire respecter ou mettre en œuvre les droits de l'homme violés par une de ses personnalités. Implicite et politique qu'elles soient, les sanctions ciblées caractérisent une contrainte en vue du respect de la règle du droit international.

Une tradition anglaise séculaire caractérise la règle de droit par sa faculté de contraindre les personnes qui violent la règle. On se souvient de Hobbes : "Covenants, without the swords, are but words"¹² et de Bentham : "In every law there must be one or more persons ... who are bound or in other words coerced by it"¹³. Une loi sans coercition est une contradiction dans les termes, dit-il. Austin va encore plus loin dans l'analyse. La loi est un commandement. Celui-ci se caractérise par le fait que celui qui commande est prêt à infliger un mal ou une peine à celui qui désobéit. Ce mal est généralement appelé la sanction.¹⁴

Les sanctions ciblées sont fruits de la politique étrangère des Etats ou des Organisations Internationales. Il faut toujours les distinguer selon qu'elles sont unilatérales ou multilatérales. Il s'agit ainsi pour ces sujets du Droit international public de démontrer leurs visions de la politique internationale et de pousser à s'y adhérer au risque d'être boycotté ou de ne plus bénéficier de la coopération internationale. Cet acte relève de la pleine souveraineté d'un Etat en droit international ou d'affirmer le respect des principes des droits de l'homme fondamentaux à l'être humain.

Mais les critiques sont telles que ces sanctions sont appliquées sur base d'intérêts, « à savoir une certaine idée de la démocratie et des droits de l'Homme dans le seul intérêt des classes dominantes »¹⁵ ? L'on retrouve ici la critique des Noam Chomsky, David Harvey ou Naomi Klein sur la politique étrangère des Etats-Unis et leur dénonciation du néo libéralisme comme un ultra libéralisme guerrier. La réalité est sans doute différente. Moins qu'une certaine idée du monde par les sociétés occidentales, les sanctions économiques prononcées ne reflètent elles pas plutôt le pouvoir des super puissances ou des plus forts sur les plus faibles ? Certes, jusqu'à un passé récent, il y a avait coïncidence entre super puissances et Occident. Mais la montée en puissance de la Chine, de l'Inde, du Brésil et le retour de la Russie relativise largement cette conception purement occidentale des sanctions.¹⁶

Mais, il est exact que les mesures de sanctions semblent exclusivement dirigées contre certain type d'Etats ou leurs personnalités : les plus faibles ou les moins « recommandables ». C'est d'ailleurs ce que dénoncent de nombreuses organisations humanitaires ou de défense des droits de l'Homme qui se sont élevées contre la pratique des sanctions économiques. Ainsi, la Fédération Internationale des Droits de l'Homme a condamné dès 1992 lors de son 31^{ème} Congrès le recours à de tels embargos « *ayant des conséquences directes ou indirectes sur les populations civiles, qu'ils soient le fait d'un gouvernement ou de la communauté internationale, qu'ils s'appliquent indistinctement ou prévoient des mécanismes de sauvegarde humanitaire* ». A la même époque, le Haut-Commissaire aux Réfugiés estime que les embargos sont discriminatoires vis-à-vis des plus faibles. C'est ce qui a conduit Boutros Boutros-Ghali de mettre en place un mécanisme de surveillance des embargos à partir de 1995.¹⁷

¹⁰ E. Zoller, op. cit. n. 7, p. 75. L.A. Sicilianos, op. cit. n. 7, pp. 9-11. Gilles Cottereau, *Système juridique et notion de responsabilité*, La responsabilité dans le système international, Paris, Pedone, 1991, pp. 3-90, ici p. 84. Cité par ibidem.

¹¹ Ibidem.

¹² Th HOBBS, *Leviathan*, 2^{ème} part. Chap.17, cité par M. Charles-Albert MORAND, La sanction, in *CETEL*, Faculté de Droit, Genève, N°36-Mars 1990, p.3.

¹³ J. BENTHAM, *Of laws in general*, Londres, 1970, p.54 ; cité par ibidem.

¹⁴ J. AUSTIN, *The Province of jurisprudence of jurisprudence Determined and the Uses of the Study of jurisprudence*, Londres, 1954, pp.13-15 ; cité par ibidem.

¹⁵ LE BLOG DE HUBERT DE VAUPLANE, *Les sanctions économiques (embargos et gels des avoirs) sont- elles justes et efficaces ?* Disponible sur : « <https://blogs.alternatives-economiques.fr/vauplane/2012/12/17/les-sanctions-economiques-embargos-et-gels-des-avoirs-sont-elles-justes-et-efficaces> » (Consulté le 05 juillet 2018).

¹⁶ Ibidem.

¹⁷ LE BLOG DE HUBERT DE VAUPLANE, *Les sanctions économiques (embargos et gels des avoirs) sont- elles justes et efficaces ?* Op.cit., (Consulté le 05 juillet 2018).

Au-delà des critiques, la protection des droits de l'homme prend le dessus. Ainsi, les sanctions ciblées, même si elles rentrent dans une vision de politique étrangère, cette vision se rapproche dans le respect des droits de l'homme en tant que culture politique de l'Etat qui sanctionne la cible. Claude RUCZ souligne que « ces mesures sont avant tout des actes de nature politique, qui ne sont pas exclusivement motivés par la défense des droits de l'homme ».¹⁸

L'Institut de droit international a adopté le 13 septembre 1989 à Saint-Jacques de Compostelle, une résolution sur «la protection des droits de l'homme et le principe de non-intervention dans les affaires intérieures des Etats».¹⁹ Selon ce texte, l'obligation de respecter les droits de l'homme «incombe à tout Etat vis-à-vis de la communauté internationale dans son ensemble, et tout Etat a un intérêt juridique à la protection des droits de l'homme» : chaque Etat est donc en droit d'invoquer les violations des droits de l'homme par un autre Etat et d'appliquer à leur auteur «des mesures diplomatiques, économiques et autres admises par le droit international».²⁰

Ce faisant, l'Institut légitime une pratique internationale controversée : les mesures adoptées par les Etats en réaction contre «les violations graves et fréquentes des droits de l'homme ». *Il s'agit de mesures unilatérales prises dans le cadre d'une politique étrangère des droits de l'homme et destinées à exercer, par des moyens diplomatiques ou économiques, une pression sur les Etats coupables pour les contraindre à rétablir le respect des droits de l'homme.*²¹

Les Etats-Unis se sont ainsi reconnus, à l'initiative du Président Carter, un «droit légitime» pour assurer le respect des droits de l'homme permanente qui justifiait, notamment, les mesures décidées contre la Pologne en réaction contre la proclamation de l'état de guerre (1981) et contre l'Afrique du Sud en réaction contre la proclamation de l'état d'urgence et l'aggravation de la répression (1986).²²

Les mesures unilatérales ou multilatérales de protection des droits de l'homme sont ainsi devenues un phénomène caractéristique des relations internationales contemporaines.²³

Les diplomaties occidentales des droits de l'homme sont inspirées par des motivations politiques : les démocraties, qui sont animées par la philosophie des droits de l'homme, et où leur violation peut susciter «la légitime et croissante indignation de l'opinion publique», adoptent des mesures unilatérales ou multilatérales contre les Etats socialistes ou contre les Etats en développement, afin de promouvoir notamment le respect des libertés individuelles et collectives, l'établissement d'une démocratie pluraliste ou la prééminence du droit.²⁴ Il serait pourtant excessif de réduire cette pratique à une simple «gesticulation diplomatique»²⁵, qui serait abandonnée à l'appréciation discrétionnaire des Etats.²⁶

2.2 FONDEMENT JURIDIQUE DES SANCTIONS EN DROIT INTERNATIONAL

La Charte des Nations Unies place le recours aux sanctions économiques dans le contexte du maintien de la stabilité de l'ordre international, la plus grande critique en politique étrangère « *est alors de savoir si ces sanctions y contribuent ou si elles*

¹⁸ RUCZ, C., op.cit., p. 579.

¹⁹ Annuaire de l'Institut de droit international (AIDI) vol. 63-11, 1990, pp. 338-345. Giuseppe Sperduti, La sauvegarde des droits de l'homme et le principe de non-intervention dans les affaires intérieures des Etats, AIDI vol. 63-1, 1989, pp. 309-351 (Rapport provisoire), 376-402 (Rapport définitif) ; La souveraineté, le droit international et la sauvegarde des droits de l'homme, Essays in Honour of Shabtai Rosenne, Alphen, Nijhoff, 1989, pp. 879-885. Pour une approche historique, v. Paul De Visscher, La contribution de l'Institut de droit international à la protection des droits de l'homme, Mélanges Michel Virally, Paris, Pedone, 1991, pp. 215-224. Pour une première analyse de certains problèmes posés par la résolution, v. Gérard Cohen-Jonathan, Responsabilité pour atteinte aux droits de l'homme, La responsabilité dans le système international, Colloque SFDI, Paris, Pedone, 1991, pp. 101-135, spec. p. 120 s. Cité par ibidem.

²⁰ Ibidem.

²¹ RUCZ, C., op.cit., p. 579.

²² Ibidem.

²³ Ibidem.

²⁴ Ibidem.

²⁵ Frédéric Sudre, Droit international et européen des droits de l'homme, Paris, PUF, 1989, p. 66, cité par RUCZ, C., op.cit., p. 580.

²⁶ Idem, p. 579.

*ne font que mettre en avant les intérêts propres aux États occidentaux qui les ont inspirés »*²⁷ D'autres y voient des mécanismes juridiques au service des États puissants contre les États faibles.

Il faut retenir que dans la pratique du droit international, les sanctions ciblées ne trouvent pas à priori leur fondement juridique dans les traités des droits de l'homme. Ces derniers n'étant que l'expression de la volonté d'une coutume internationale, les sanctions ciblées ont pour fondement juridiques le *jus cogens* et pour sources principales la coutume internationale et les principes généraux du droit international.

Les sanctions ciblées sont des mesures protégeant les normes du droit naturel et du droit international général, acceptée et reconnue par la communauté internationale des États dans son ensemble, par conséquent devenue impérative, ne pouvant être modifiée que par une nouvelle norme du droit international général ayant le même caractère. Ces normes du droit naturel et impératif, sont de nature à interdire : les atteintes à la traite des esclaves, à la traite des femmes, au génocide, à l'intégrité physique et à la dignité humaine en tout temps, tout lieu et toute circonstance ; les atteintes à la paix et à la sécurité internationale, à la souveraineté des États, à l'égalité des êtres humains et des États, leur liberté et leur indépendance ainsi qu'à l'égalité de droits de peuple et de leur droit à disposer d'eux-mêmes.

Le *jus cogens* est alors considéré comme un ordre public international, ce qui signifie que les sanctions ciblées qui visent certaines personnes rentrent dans le but de faire respecter cet ordre public international en réitérant le respect des droits de l'homme fondamentaux dans les actions des membres de la communauté internationale.

Les autres instruments juridiques du droit international universel et obligatoire, en particulier la Charte des Nations Unies, le Pacte international relatif aux droits civils et politiques ne sont que l'expression du droit positif de *jus cogens*.

La Charte des Nations Unies encourage dans l'esprit de son article 1 point 1 la prise des mesures sur les sanctions ciblées lorsqu'elle oblige aux États membres, en vue de « maintenir la paix et la sécurité internationales » de *prendre des mesures collectives efficaces en vue de prévenir et d'écarter les menaces à la paix et de réprimer tout acte d'agression ou autre rupture de la paix, et réaliser, par des moyens pacifiques, conformément aux principes de la justice et du droit international, l'ajustement ou le règlement de différends ou de situations, de caractère international, susceptibles de mener à une rupture de la paix*.²⁸

Dans l'esprit des dispositions de l'article 1 point 3 du Pacte international relatif aux droits civils et politiques, il est aussi ressorti cette idée d'encourager les États parties à prendre des mesures collectives en vue de la protection des droits de l'homme : *Les États parties au présent Pacte, y compris ceux qui ont la responsabilité d'administrer des territoires non autonomes et des territoires sous tutelles, sont tenus de faciliter la réalisation du droit des peuples à disposer d'eux-mêmes, et de respecter ce droit*²⁹, conformément aux dispositions de la Charte des Nations Unies.³⁰ Porter donc atteinte aux libertés politique, économique, social et culturel d'un peuple entraîne une obligation aux États parties au Pacte d'intervenir, en vue d'en rétablir au regard de leur obligation principale de « faciliter la réalisation du droit des peuples à disposer d'eux-mêmes ».

En analysant les dispositions de la Charte des Nations Unies et du Pacte international relatif aux droits civils et politiques, il est plausible que les sanctions ciblées ont aussi un fondement juridique en droit international positif en plus d'un fondement en droit international coutumier.

Les mesures de protection des droits de l'homme (*jus cogens*) sont assurées par des mécanismes pacifiques d'ordre juridique en droit international³¹. Il s'agit de :

- mesures d'ordre socio-économique qui prennent en compte le gel des avoirs et des biens des personnes publiques, la rupture définitive ou temporaire des coopérations socio-économiques ;

²⁷ LE BLOG DE HUBERT DE VAUPLANE, *Les sanctions économiques (embargos et gels des avoirs) sont-elles justes et efficaces ?* Disponible sur : « <https://blogs.alternatives-economiques.fr/vauplane/2012/12/17/les-sanctions-economiques-embargos-et-gels-des-avoirs-sont-elles-justes-et-efficaces> » (Consulté le 05 juillet 2018).

²⁸ Voir article 1 point 1, Charte des Nations Unies, Sans Francisco, 1945

²⁹ Article 1 point 1, Pacte relatif aux droits civils et politiques, 16 décembre 1966 : *Tous les peuples ont le droit de disposer d'eux-mêmes. En vertu de ce droit ; ils déterminent librement leur statut politique et assurent librement leur développement économique, social et culturel.*

³⁰ Voir article 1 point 3, Pacte relatif aux droits civils et politiques, 16 décembre 1966.

³¹ Voir article 41, Charte des Nations Unies, op.cit.

- mesures d'ordre diplomatique qui prennent en compte la rupture des relations diplomatiques, l'arrêt définitif ou temporaire des avantages bénéficiés dans les Organisations internationales ou régionales, le boycott ou l'isolement international ;
- mesures d'ordre juridiques qui prennent en compte les poursuites des personnalités publiques accusées des violations des droits de l'homme fondamentaux par des Etats dotés de la compétence universelle, par des juridictions pénales internationales (la Cour pénale internationale), par des juridictions pénales internationales *ad hoc* (Tribunal pénal international pour l'ex-Yougoslavie, Tribunal pénal international pour le Rwanda, Chambres africaines extraordinaires³²...)

Dans le but d'assurer le respect du jus cogens, les sanctions ciblées exercées dans les mesures d'ordre juridique sont d'incrimination étatique ou conventionnelle.

L'incrimination étatique est « *le fait pour les Etats ou les organisations internationales, par voie conventionnelle ou coutumière, de constituer un comportement en infraction* ». ³³ « L'incrimination est indirecte lorsque la norme internationale ne fera que prohiber le comportement dénoncé, laissant aux Etats toute faculté pour le définir et le rendre punissable en droit interne. Par opposition, l'incrimination est directe si la norme internationale prévoit, une définition complète et précise du crime, ainsi que les modalités de répression, qui s'imposent aux Etats. Dans les deux cas, des mesures nationales d'exécution seront requises, afin de rendre l'incrimination effective en droit national ». ³⁴

L'incrimination conventionnelle est « le recours au droit conventionnel afin d'incriminer un comportement dénoncé en droit international. Un traité est par nature l'acte symbolique du volontarisme des Etats de se lier dans un domaine spécifique ». ³⁵

3 SECTION 2 : LES SANCTIONS CIBLÉES AMÉRICAINES

Les États-Unis ont employé les sanctions comme instrument clé de leur politique étrangère. Ces sanctions sont d'application extraterritoriale, en frappant des actes situés au-delà du territoire américain, cela dévoile non seulement sa politique étrangère sur la scène internationale, mais aussi sa politique interne. L'application de la législation américaine (laquelle superpose divers niveaux et diverses sources) est extraterritoriale. En effet les États-Unis considèrent que l'utilisation du dollar place de facto ses utilisateurs sous législation américaine. Ils estiment également que les groupes qui ont une implantation sur le sol américain doivent se conformer aux régimes de sanction décidés par les États-Unis, sous peine de lourdes sanctions financières. ³⁶

3.1 OFFICE OF FOREIGN ASSET CONTROL-OFAC –(USA)

L'agence compétente dans la mise en œuvre de ces différents programmes de sanctions économiques et commerciales relèvent exclusivement de l'*Office of Foreign Assets Control (OFAC)*, qui est une agence du département du trésor américain. ³⁷ L'OFAC édite un certain nombre de documents explicatifs sur les sanctions décidées et leurs modalités d'application aux différents secteurs économiques concernés. L'Office of Foreign Assets Control (OFAC), dépendant de l'Office of Terrorism and Financial Intelligence du Département du Trésor qui pilote ces sanctions. L'unité dédiée aux sanctions compte 175 personnes, et comprend un Office of Global Targeting en charge de la détection et du suivi des cibles. Ses pouvoirs sont considérables. De même, les opérateurs économiques contrevenants aux régimes de sanction américains s'exposent à de lourdes pénalités. Ainsi, les États-Unis n'hésitent pas à sanctionner lourdement les banques les plus puissantes : l'exemple de

³² Les Chambres africaines extraordinaires (CAE) sont un Tribunal créé par un accord entre l'Union africaine (UA) et le Sénégal pour connaître des crimes internationaux commis au Tchad du 7 juin 1982 au 1^{er} décembre 1990. Cette période correspond au régime de l'ancien Président tchadien Hissène Habré jugé à partir du 20 juillet 2015. Les Chambres africaines extraordinaires ont été inaugurées le 8 février 2013 à Dakar. On parle de « Chambres » au pluriel parce qu'il y en a quatre qui forment ce Tribunal : Chambre africaine extraordinaire d'instruction, Chambre africaine extraordinaire d'accusation, Chambre africaine extraordinaire d'assises, Chambre africaine d'appel.

³³ Salmon (J.), *Dictionnaire de droit international public*, Bruxelles, Bruylant-AUF, 2001, pp. 568-569. Cité par BAUCHOT, B., *Sanctions pénales nationales et droit international*, Thèse en Science juridique, Université du Droit et de la Santé - Lille II, 2007, p.19.

³⁴ Ibidem.

³⁵ BAUCHOT, B., op.cit., p.21.

³⁶ Document sur pertinence des sanctions / rétorsions au XXI^{ème} siècle : mutations, objectifs et moyens, op.cit. p.40.

³⁷ David HOTTE et al, *Les Sanctions Financières Internationales*, RB Édition, France, 2012, p.78.

BNP Paribas est loin d'être le seul. Celles-ci sont ainsi, de gré ou de force, devenues de véritables supplétifs de l'action américaine de contrôle des flux financiers. Ses décisions aient vocation à s'appliquer non seulement aux entités établies aux États-Unis, mais également aux succursales américaines d'entreprises étrangères, voire dans certains cas à des entreprises n'ayant aucune présence sur le territoire américain.³⁸

L'OFAC est divisée en 5 bureaux :

- Le bureau politique (Policy office) se charge de la mise en place des nouveaux programmes de sanctions et de la coordination avec l'extérieur (Présidence, Congrès, DoS et autres...). Il fait aussi le point sur l'application des sanctions, identifiant les difficultés de transposition et les bonnes pratiques ;
- Le bureau du suivi global (Office of Global Targeting (OGT)) est en charge du suivi et de la veille sur les sanctions. C'est l'unité de renseignement de l'OFAC pour la plupart des régimes de sanctions qui en dépendent. Il dispose donc de moyens très importants pour traquer et suivre l'ensemble des entités domestiques ou étrangères supposées appliquer les sanctions ;
- Le bureau de la conformité et des licences est à la fois en charge de la mise en œuvre pratique des sanctions et publie dans ce cadre les différents guides nécessaires à cela (Economic Sanctions Enforcement Guidance), de l'instruction des demandes de licences et de l'octroi des licences nécessaires aux entreprises pour réaliser une transactions commerciale ou financières avec un pays ou une entité sanctionné ;
- Le bureau des affaires juridiques (Office for Regulatory Affairs) transpose les Executive orders pour permettre leur application et mise en œuvre au niveau du droit ;
- Le bureau technique (Technical Office) est chargé de la Specially Designated Nationals List (SDN), c'est-à-dire la liste des entités sanctionnées, estimées à environ 15 000 entrées (voir infra). Ce bureau travaille en étroite collaboration avec le bureau du suivi global.³⁹

3.2 LE DÉPARTEMENT DU TRÉSOR AMÉRICAIN

Le département du trésor américain est chargé de la mise en œuvre et de la gestion des sanctions ciblées économiques et financières et plus précisément l'*Office of foreign assets control* (OFAC).

3.3 ACTES GÉNÉRATEURS DES SANCTIONS AMÉRICAINES À L'ENCONTRE DES RESPONSABLES CONGOLAIS

Executive Order 13413 of octobre 27, 2006 Blocking Property of Certain persons contributing to the conflict in the Democratic Republic of the Congo.⁴⁰ Cette ordonnance présidentielle avait donc pour objectif de mettre en application des résolutions antérieures du Conseil de sécurité auxquelles elle se réfère, autoriser le Secrétaire au Trésor, après consultation avec le Secrétaire d'État, à prendre certaines sanctions abondamment décrites contre des personnes, notamment étrangères ou apparemment à des groupes armés congolais, impliquées dans le conflit en RDC en vue de mettre fin à celui-ci. Les noms des personnes concernés étaient listés en annexe à l'ordonnance.⁴¹

Dans ce texte le Gouvernement des États-Unis se réfère aux nombreuses résolutions du Conseil de sécurité des Nations Unies qualifiant la situation en RDC de menace contre la paix et la sécurité internationale.

C'est donc pour mettre fin à la menace constituée par le conflit en RDC que le Président des États Unis en vertu des lois des États Unis, avait décidé de prendre des sanctions contre celles des personnes qui seraient impliquées dans la continuation de cette crise.

³⁸ Document sur sanctions internationales et réassurance , Apref, 2012, p.3

³⁹ Sylvie MARTELY et al., *Typologie-étude de cas- étude persan- performance des sanctions internationales*, Iris, Mars 2017. p.33

⁴⁰ Federal Register, Vol.71, No. 210, Tuesday, October 31, 2006.

⁴¹ Auguste MAMPUYA, *Les sanctions ciblées Américaines violent le droit international : les mesures contre des responsables congolais*, Kinshasa, P.U.C, 2016, p.113

Le 10 juillet 2014, en vue de compléter l'ordonnance exécutive 13413, le Président américain Barack Obama prit une autre ordonnance exécutive 13671, en vertu de laquelle le Secrétaire au Trésor prendra des mesures contre les trois généraux congolais.⁴²

3.4 FONDEMENT DES SANCTIONS CIBLÉES AMÉRICAINES À L'ENCONTRE DES AUTORITÉS CONGOLAISES

L'administration américaine a sanctionné des officiers supérieurs de l'armée et de la police nationale congolaise. Selon cette institution il leur est reproché de s'être engagé dans des actions qui ont sapé le processus démocratique en RDC et réprimé les libertés et droits politiques du peuple congolais.

Ces sanctions consistent au gel de leurs éventuels biens aux États Unis et à l'interdiction à tout ressortissant américain de réaliser des transactions avec ces hauts gradés congolais. Cela revient à interdire toute transaction en dollars, y compris entre comptes logés dans des banques congolaises. Les opérations libellés en dollars américain transitent en effet par des chambres de compensation situées sur le territoire américain. Rappelons que, pour avoir fait des affaires en dollars avec des entités placées sur la même liste de sanctions établie par l'administration américaine, la banque française BNP Paribas avait dû payer une amende record de 8,9 milliards de dollars en 2015.

Le 23 juin 2016, le général **Célestin Kanyama Tshisiku**, Chef de la police de Kinshasa a vu « ses avoirs gelés aux États-Unis pour motif des violences excessives contre les civils dans les différentes manifestations pacifiques tenues dans la capitale contre un troisième mandat du président sortant Joseph KABILA ». Ces sanctions ont été prises par le département du trésor américain agissant par le Bureau de contrôle des avoirs étrangers en vertu décret (*Executive order*) 13413 ;

Tant dis que le général **Gabriel Amisi**, avait été sanctionné le 28 septembre 2016 suivant le décret 13671, il lui est reproché une violente répression de manifestations politiques d'y avoir fait un usage excessif de la violence et d'armes létales contre la liberté d'expression, d'association et de rassemblement pacifique, en particulier à Kinshasa, lors des manifestations de leaders de l'opposition et de la société civile en janvier 2015.

Quant à **John Numbi**, sanctionné le 28 septembre 2016, il aurait menacé de tuer les candidats de l'opposition aux élections des 4 gouverneurs des nouvelles provinces dans l'ancien Katanga, contraint les députés provinciaux de ne détenir que l'unique bulletin de candidats favorables au régime du président Kabila,⁴³

Les États-Unis par le biais du trésor américain ont placé le jeudi 1^{er} Mai 2017 sur leur liste noire financière le général **François OLENGA**, chargé de la garde rapprochée du président Joseph Kabila, pour « entrave au processus démocratique en RDC ». À la tête de la maison militaire du Président, qui supervise notamment la Garde républicaine, le général OLENGA est accusé par Washington d'avoir « sapé le processus démocratique », sous son contrôle, la garde républicaine aurait « harcelé des opposants politiques », procédé à des arrestations et exécutions arbitraires et entravé l'action des observateurs de l'ONU.⁴⁴

Le complexe touristique SAFARI BEACH qui est placé sous le contrôle du général OLENGA a été également visé.

EVARISTE BOSHAB ancien vice premier ministre de la RDC a vu ses avoirs être gelés par l'administration américaine au motif que ce dernier serait directement responsable de l'enlèvement de la crise en RDC, de museler l'opposition et de retarder les progrès politiques dans le pays, en recourant parfois à la violence. Il est également interdit aux citoyens américains de commercer avec cette personnalité congolaise sanctionnée. Pour l'administration américaine Évariste BOSHAB aurait corrompu les parlementaires pour légiférer en faveur d'une prolongation du mandat du président KABILA au-delà de la date du 19 décembre 2016.

KALEV MUTOND directeur général du service national de renseignement (ANR) quant à lui, serait selon le département d'État américain le maître artificier des violences contre les membres de l'opposition qui ont émaillé le pays. En outre, il serait « lié au trafic illégal de minerais » qui a cours en RDC.

⁴² Ibidem

⁴³ Auguste MAMPUYA, op.cit. p.96

⁴⁴ Executive Order 13413, as amended by E.O.1371 may be ineligible for U.S. visas under presidential proclamation 8693 or authorities, Presse center, Washington, 2017

Le général **MUHINDO AKILI MUNDOS** a été sanctionné le 5 février 2018 par le département du trésor américain à travers son bureau de contrôle des avoirs étrangers (OFAC) pour motif qu'il a recruté les miliciens ADF pour massacrer les civils non armés dans la région du Nord Kivu.⁴⁵

Pour l'administration américaine, le gouvernement congolais continue de saper le processus démocratique en RDC et de réprimer les droits et libertés politiques du peuple congolais, mettant en péril la stabilité à long terme et la prospérité du pays.

Ainsi, ces sanctions visent « à modifier le comportement des individus ciblées dans le but de favoriser un avenir meilleur et plus stable pour la RDC et le peuple congolais.

3.5 VOIES DE RECOURS

Les responsables congolais sanctionnés peuvent utiliser les voies des recours internes aux États Unis, en saisissant les juridictions américaines pour obtenir le dégel de leurs avoirs ou l'annulation des mesures qui les frappent avant de recourir aux instances internationales.

4 SECTION3 : LES SANCTIONS EUROPÉENNES

Nous allons ici répondre à la question de savoir sur quelles bases légales se fondent l'Union Européenne pour prendre des sanctions ciblées à l'encontre des individus.

La pratique des sanctions de l'UE comporte deux volets distincts.⁴⁶ En premier lieu, elle met en œuvre des régimes de sanctions décidés par le Conseil de Sécurité. Deuxièmement, l'UE décide et met en œuvre ces « sanctions autonomes, qui constitueront des mesures restrictives visant à assurer le respect des droits de l'homme, de la démocratie, de l'État de droit.

Nous agissons en ce sens dans le cadre de notre politique étrangère et de sécurité commune, dont les objectifs sont énoncés à l'article 11 du TUE, et en parfaite conformité avec les obligations qui nous incombent en vertu du droit international »⁴⁷

4.1 LE TRAITÉ DE L'UNION EUROPÉENNE

L'article 11 § 1 du traité de l'Union Européenne précise que « l'Union définit et met en œuvre une politique étrangère et de sécurité commune couvrant tous les domaines de la politique étrangère et de sécurité, dont les objectifs sont (...) le maintien de la paix et de la sécurité internationales, conformément aux principes de la Charte des Nations Unies »⁴⁸

Le titre IV du traité sur le fonctionnement de l'Union européenne (TFUE) lui est notamment consacré avec son article 215 qui dispose que « lorsqu'une décision, adoptée conformément au chapitre 2 du titre V du traité sur l'Union européenne, prévoit l'interruption ou la réduction, en tout ou en partie, des relations économiques et financières avec un ou plusieurs pays tiers, le Conseil, statuant à la majorité qualifiée, sur proposition conjointe du haut représentant de l'Union pour les affaires étrangères et la politique de sécurité et de la Commission, adopte les mesures nécessaires. Il en informe le Parlement européen ».

Aux termes de l'article 301 du Traité de la Communauté Européenne (CE), « lorsqu'une position commune ou une action commune adoptée en vertu des dispositions du traité de l'Union Européenne relatives à la Politique Étrangère et de Sécurité Commune prévoit une action de la Communauté visant à interrompre ou à réduire, en tout ou en partie, les relations économiques avec un ou plusieurs pays tiers, le Conseil, statuant à la majorité qualifiée sur proposition de la Commission, prend les mesures nécessaires ».⁴⁹

⁴⁵ U.S. DEPARTMENT OF THE TREASURY, *Designations highlight actions that threaten the peace, security and stability of the DRC*, latest news, Washington, 2018

⁴⁶<https://www.ceps.eu/system/files/WD391%20Portela%20EU%20Targeted%20Sanctions.pdf>

⁴⁷ Principes de base concernant le recours aux mesures restrictives (sanctions), document du Conseil de l'UE (10198/1/04) daté du 7 juin 2004, p.2, § 3.

⁴⁸ Article 11 § 1 du traité de l'Union Européenne.

⁴⁹ Article 301 du Traité de la Communauté Européenne

Les articles 60 CE et 301 CE définissent les tâches et actions de la Communauté en matière de sanctions économiques et financières et offrent une base légale pour un transfert exprès de compétences à la Communauté en vue de leur accomplissement. Ces compétences sont expressément liées et en fait subordonnées à l'adoption d'un acte au titre des dispositions du traité UE relatives à la Politique Étrangère et de Sécurité Commune (PESC).

Ainsi, la Communauté Européenne est susceptible d'intervenir dans le cadre de sanctions prononcées soit dans le cadre du traité CE uniquement, soit dans le cadre de la mise en œuvre d'une résolution du Conseil de Sécurité des Nations Unies

4.2 ACTES GÉNÉRATEURS DES SANCTIONS EUROPÉENNES

L'Union européenne s'est appuyé sur les instruments juridiques de l'UE et l'accord de coopération ACP-UE pour sanctionner les autorités congolaises lequel contient en son article 9 paragraphe 2 une clause de dénonciation pouvant être actionnée par l'une ou l'autre partie qui viole les droits de l'homme.

4.3 DES RÈGLEMENTS EUROPÉENS EN MATIÈRE DE SANCTIONS ÉCONOMIQUES

Depuis le traité de Maastricht et d'Amsterdam, l'UE s'est doté de trois instruments juridiques lui permettant d'agir dans le cadre de la politique extérieur et de sécurité commune (PESC) et par lesquelles, en particulier, elle décide des actions coercitives à l'égard des États tiers, y compris des actions coercitives ciblées.

Il s'agit de :

- Les stratégies commune : actes qui précisent les objectifs, la durées et les moyens provenant des États membres, dans les domaines où les États ont des intérêts communs importants ; elles sont définies par consensus du Conseil européens.
- Les positions communes : c'est le conseil de l'Union européenne qui définit les positions communes qui vont servir de fil conducteur de la politique que devront suivre les États et qui permettront à ces derniers de coordonner leur action.
- Les actions communes : elles visent à faire converger les actions des États membres sur la scène internationale, elles sont adoptées par le Conseil de l'Union européenne ; leur mise en œuvre relève de la responsabilité de la présidence. Quant aux objectifs de cette politique commune, l'un des plus importants est, aux termes de l'article 11 du traité de l'UE, « le développement et le renforcement de la démocratie et de l'État de droit, ainsi que le respect des droits de l'homme et des libertés fondamentales ».

Cette exigence du respect des droits de l'homme constitue ainsi un pilier essentiel de toute relation ou coopération de l'UE avec les pays tiers.⁵⁰

Le 12 décembre 2016, le Conseil a adopté le règlement (UE) 2016/2230 (2) en réponse aux entraves au processus électoral et aux violations des droits de l'homme qui y sont liées en République démocratique du Congo (RDC).

Le 6 mars 2017, le Conseil a adopté des conclusions dans lesquelles il s'est déclaré gravement préoccupé par la situation politique en RDC provoquée par le blocage dans la mise en œuvre de l'accord politique inclusif du 31 décembre 2016, ainsi que par la situation sécuritaire dans plusieurs régions du pays, où un usage disproportionné de la force a été observé.

4.4 FONDEMENT DES SANCTIONS CIBLÉES EUROPÉENNES

Le recours par l'Union européenne aux sanctions ciblées à l'encontre des responsables congolais intervient, comme déjà souligné, en réaction aux manquements des autorités congolaises en matière des droits de l'homme ainsi qu'aux principes de la démocratie et de l'État de droit. Elles comportent des mesures de différentes natures : gels des avoirs, interdiction, restriction en matière d'admission dans le territoire des États membres de l'UE.

C'est alors l'article 215 du traité de l'Union européenne qui sert de base juridique à l'action de cette organisation :

⁵⁰ Auguste MAMPUYA, op.cit. pp157-158

1. Lorsqu'une décision, adoptée conformément au chapitre 2 du titre V du traité sur l'Union européenne, prévoit l'interruption ou la réduction, en tout ou partie, des relations économiques et financières avec un ou plusieurs pays tiers, le Conseil, statuant à la majorité qualifiée, sur proposition conjointe du haut représentant de l'Union pour les affaires étrangères et la politique de sécurité et de la Commission, adopte les mesures nécessaires. Il en informe le Parlement européen.
2. Lorsqu'une décision, adoptée conformément au chapitre 2 du titre V du traité sur l'Union européenne, le prévoit, le Conseil peut adopter, selon la procédure visée au paragraphe 1, des mesures restrictives à l'encontre de personnes physiques ou morales, de groupes ou d'entités non étatiques.
3. Les actes visés au présent article contiennent les dispositions nécessaires en matière de garanties juridiques. »

L'Union européenne se réserve cependant le droit d'appliquer des mesures plus restrictives que celles décidées par les Nations unies. Mais l'Union européenne peut aussi adopter, dans le cadre de ses compétences, des sanctions autonomes conformément aux objectifs de sa politique étrangère et de sécurité commune :

« Dans le cadre de la PESC, le Conseil peut décider de prendre des mesures restrictives contre des pays tiers, des entités ou des particuliers. Ces mesures doivent être conformes aux objectifs de la PESC, énumérés à l'article 11 du traité sur l'Union européenne (TUE)⁵¹ »

Le conseil des ministres des affaires étrangères de l'Union Européenne a adopté des mesures restrictives individuelles à l'encontre de responsables congolais pour de graves violations des droits de l'homme.

Ces sanctions consistent en un gel des avoirs et une interdiction de voyager sur le territoire de l'Union européenne.

- **Evariste BOSHAB Mabub Ma Bileng** : En sa qualité de vice-premier ministre et ministre de l'intérieur et de la sécurité de décembre 2014 à décembre 2016, était officiellement responsable des services de police et de sécurité ainsi que de la coordination du travail des gouverneurs provinciaux. À ce titre, il s'est rendu responsable de l'arrestation de militants et de membres de l'opposition, ainsi que d'un recours disproportionné à la force, notamment entre septembre 2016 et décembre 2016, en réponse à des manifestations organisées à Kinshasa, pendant lesquelles de nombreux civils ont été tués ou blessés par les services de sécurité. Pour l'UE, Évariste BOSHAB a donc contribué, en le planifiant, dirigeant ou commettant, à des actes constituant de graves atteintes ou violations des droits de l'homme en RDC.
- **RAMAZANI SHADARI** : Dans ses fonctions de vice-Premier ministre et ministre de l'intérieur et de la sécurité depuis le 20 décembre 2016, Ramazani Shadari est officiellement responsable des services de police et de sécurité ainsi que de la coordination du travail des gouverneurs provinciaux. À ce titre, il est responsable des arrestations d'activistes et de membres de l'opposition, ainsi que de l'usage disproportionné de la force depuis sa nomination, tel que les mesures de répression violente prises contre des membres du mouvement Bundu Dia Kongo (BDK) au Kongo central, la répression à Kinshasa en janvier et février 2017 et le recours disproportionné à la force et à la répression violente dans les provinces du Kasai. À ce titre pour l'UE, Ramazani Shadari a contribué donc, en le planifiant, dirigeant ou commettant, à des actes constituant de graves violations des droits de l'homme en RDC.
- **KALEV MUTONDO** : Depuis longtemps directeur de l'Agence nationale du renseignement (ANR), Kalev Mutondo est impliqué dans l'arrestation arbitraire et la détention de membres de l'opposition, de militants de la société civile et d'autres personnes, ainsi que dans les mauvais traitements qui leur ont été infligés, et en porte la responsabilité. Par conséquent pour l'UE, il a porté atteinte à l'État de droit, fait obstacle à une solution consensuelle et pacifique en vue de la tenue d'élections en RDC, et planifié ou dirigé des actes qui constituent de graves violations des droits de l'homme en RDC.
- **ILUNGA KAMPETE** : En tant que commandant de la garde républicaine (GR), Ilunga Kampete était responsable des unités de la GR déployées sur le terrain et impliquées dans le recours disproportionné à la force et à une répression violente en septembre 2016 à Kinshasa. À ce titre pour l'UE, Ilunga Kampete a donc contribué en le planifiant, dirigeant ou commettant, à des actes constituant de graves violations des droits de l'homme en RDC.⁵²

⁵¹Lignes directrices concernant la mise en œuvre et l'évaluation de mesures restrictives (sanctions) dans le cadre de la politique étrangère et de sécurité commune de l'UE, document 15114/05 du Conseil daté du 2 décembre 2005, p. 4.

⁵² Journal officiel de l'Union européenne, édition de langue française du 12 décembre 2016

- **Gabriel AMISI KUMBA** : Commandant de la première zone de défense de l'armée congolaise (FARDC), dont les forces ont participé au recours disproportionné à la force et à la répression violente en septembre 2016 à Kinshasa. À ce titre, pour l'UE, Gabriel Amisi Kuba a donc contribué, en les planifiant, dirigeant ou commettant, à des actes constituant de graves violations des droits de l'homme en RDC.⁵³
- **Ferdinand ILUNGA LUYOYO** : En tant que commandant de l'unité anti- émeute, appelée légion nationale d'intervention, de la police nationale congolaise (PNC), Ferdinand Ilunga Luyoyo a été responsable du recours disproportionné à la force et à la répression violente en septembre 2016 à Kinshasa. À ce titre pour l'UE, Ferdinand Ilunga Luyoyo a donc contribué, en les planifiant, dirigeant ou commettant, à des actes constituant de graves violations des droits de l'homme en RDC.
- **Célestin KANYAMA** : En tant que commissaire de la police nationale congolaise (PNC), Célestin Kanyama a été responsable du recours disproportionné à la force et à la répression violente en septembre 2016 à Kinshasa. À ce titre, Célestin Kanyama a donc contribué, en les planifiant, dirigeant ou commettant, à des actes constituant de graves violations des droits de l'homme en RDC.
- **John NUMBI** : Ancien inspecteur général de la police nationale congolaise (PNC). John Numbi demeure un personnage influent qui a notamment été impliqué dans la campagne d'intimidation violente menée dans le cadre des élections des gouverneurs de mars 2016 dans les quatre provinces de l'ex-Katanga et à ce titre est responsable d'avoir fait obstacle à une sortie de crise consensuelle et pacifique en vue de la tenue d'élections en RDC.;
- **Roger KIBELISA** : En tant que chef du département de la sécurité intérieure de l'agence nationale de renseignements (ANR), Roger Kibelisa a participé à la campagne d'intimidation menée par des fonctionnaires de l'ANR contre des membres de l'opposition, y compris des arrestations et des détentions arbitraires. Roger Kibelisa a donc porté atteinte à l'état de droit et a fait obstacle à une sortie de crise consensuelle et pacifique en vue de la tenue d'élections en RDC.
- **Delphin KAHIMBI** : Chef du service du renseignement militaire (ex-DEMIAP), faisant partie du centre national d'opérations, la structure de commandement et de contrôle responsable des arrestations arbitraires et de la violente répression à Kinshasa en septembre 2016 et responsable des forces qui ont participé à l'intimidation et aux arrestations arbitraires, qui fait obstacle à une sortie de crise consensuelle et pacifique en vue de la tenue d'élections en RDC
- **Lambert MENDE OMALANGA** : En tant que ministre des communications et des médias depuis 2008, Lambert MENDE est responsable de la politique répressive menée envers les médias en RDC. Le 12 novembre 2016 il a adopté un décret limitant la possibilité pour les médias étrangers de diffuser en RDC. En violation de l'accord politique conclu LE 31 décembre 2016 entre la majorité présidentielle et les partis d'opposition. Pour l'UE en sa qualité de ministre des médias, Lambert MENDE est donc responsable d'avoir fait obstacle à une solution consensuelle et pacifique en vue de la tenue d'élections en RDC, notamment par des actes de violence, ou des actions portant atteinte à l'État de droit.⁵⁴
- **Jean-Claude KAZEMBE** : En tant que gouverneur du Haut-Katanga jusqu'en avril 2017, Jean-Claude KAZEMBE MUSONDA a été responsable du recours disproportionné à la répression violente qu'ont exercé les forces de sécurité et de la PNC dans le Haut Katanga, notamment entre le 15 et le 31 décembre 2016, période pendant laquelle 12 civils ont été tués et 64 blessés en raison d'un usage de la force létale par les forces de sécurité, notamment des agents de la PNC, en réponse à des protestations à Lubumbashi. Pour l'UE Jean-Claude KAZEMBE MUSONDA a donc contribué, en les planifiant, dirigeant ou commettant, à des violations des droits de l'homme en RDC.⁵⁵
- **Alex KANDE MUPOMPA** : En tant que gouverneur du KASAI central, Alex KANDE est responsable du recours disproportionné à la force, la répression violente et des exécutions extrajudiciaires, qui sont le fait des forces de sécurité et de la PNC au Kasai central depuis 2016, y compris les assassinats illégaux présumés de miliciens Kamuina Nsapu et de civils à Mwanza Lomba, Kasai central, en février 2017. Pour l'UE Alex KANDE a donc contribué, en les planifiant, dirigeant ou commettant, à des actes constituant de graves violations des droits de l'homme en RDC.

⁵³ Idem

⁵⁴ Journal officiel de l'Union européenne du 29 Mai 2017

⁵⁵ Idem

- **MUHINO AKILI MUNDOS** : **Muhindo Akili Mundos** était le commandant des FARDC, dans le cadre de l'opération Sukola I, responsable d'opérations militaires contre les Forces démocratiques alliées (ADF) d'août 2014 à juin 2015. Il a recruté et équipé d'anciens combattants d'un groupe armé local pour participer à des exécutions extra-judiciaires et à des massacres à partir d'octobre 2014. Pour l'UE, Muhindo Akili Mundos a donc contribué, en les planifiant, dirigeant ou commettant, à des actes constituant de graves violations des droits de l'homme en RDC.
- **Éric RUHORIMBERE** : En tant que commandant adjoint de la 21^e région militaire depuis le 18 septembre 2014, Éric RUHORIMBERE s'est rendu responsable du recours disproportionné à la force et des exécutions extrajudiciaires perpétrées par les FARDC, notamment contre les milices Nsapu, ainsi que des femmes et des enfants. Éric RUHORIMBERE a donc contribué, en les planifiant, dirigeant ou commettant, à des actes constituant de graves violations des droits de l'homme en RDC.

4.5 VOIES DES RECOURS

Les personnes subissant les mesures restrictives de l'Union européenne bénéficient des garanties juridiques. Les personnes visées par des mesures restrictives européennes ont deux voies de recours pour venir contester ces décisions. Soit ces individus peuvent, lors de leur notification d'application de mesures restrictives par le Conseil, lui demander de revoir sa décision en argumentant sur les motifs avancés (recours gracieux), soit contester ces mesures devant le Tribunal de l'Union européenne (contentieux).⁵⁶ L'arrêt Kadi est une illustration et constitue une jurisprudence à la matière.⁵⁷

5 CONCLUSION

Imaginée pour répondre à une exigence de respect des droits de l'homme et du droit humanitaire, *les sanctions sont l'un des moyens de pression à la disposition des États souverains ou des Organisations internationales* lorsque des individus commettent ou ordonnent de commettre les violations massives et systématiques des droits de l'homme et du droit international humanitaire. Dans le cas des sanctions décidées à l'encontre de certaines autorités de la République Démocratique du Congo, les sanctions répondent à un problème classique de violation des droits humains, qui sont des normes de *jus cogens*, impératives à tous les individus et aux États de le respecter et d'appliquer des mesures diplomatiques et économiques à l'encontre des particuliers qui les violent. C'est donc pour mettre fin ou modifier le comportement des autorités de la République Démocratique du Congo sur les actes des violations des droits de l'homme perpétrés à la population civile et aux membres de l'opposition que les États Unis d'Amérique et l'Union Européenne, avaient décidés d'imposer des sanctions contre des personnes qui seraient impliquées dans l'entrave au processus démocratique.

Ainsi donc, le droit international, prévoit les règles qui permettent de prendre des mesures diplomatiques, économiques coercitives individuelles à l'encontre des responsables à l'origine des violations des droits de l'homme et de droit humanitaire qui agissent au nom de l'État.

REFERENCES

- [1] Charte des Nations Unies, San Francisco, 1945.
- [2] Pacte relatif aux droits civils et politiques, 16 décembre 1966.
- [3] Traité de l'Union Européenne.
- [4] Traité de la Communauté Européenne.
- [5] Auguste MAMPUYA, *Les sanctions ciblées Américaines violent le droit international : les mesures contre des responsables congolais*, Kinshasa, P.U.C, 2016.
- [6] BAUCHOT, B., *Sanctions pénales nationales et droit international*, Thèse en Science juridique, Université du Droit et de la Santé - Lille II, 2007.
- [7] David HOTTE et al, *Les Sanctions Financières Internationales*, RB Édition, France, 2012.
- [8] MARTELY et al., *Typologie-étude de cas- étude persan- performance des sanctions internationales*, Iris, Mars 2017.

⁵⁶ Étude persan typologie-etudes-de-cas-juin-2017

⁵⁷<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX:62005J0402>

- [9] TSHIBANGU KALALA, *Les résolutions de l'ONU et les destinataires non étatiques*, Bruxelles, Larcier, 2008.
- [10] Charles-Albert MORAND, M., *La sanction*, in CETEL, Faculté de Droit, Genève, N°36-Mars 1990.
- [11] RUCZ, C., *Droits de l'homme : Les mesures unilatérales de protection des droits de l'homme devant l'Institut de Droit International*, in *Annuaire français de droit international*, 1992, Editions CNRS, Paris.
- [12] DOC DU JURISTE, *Les pouvoirs implicites dans les organisations internationales*, Disponible sur : « <https://www.doc-du-juriste.com/droit-public-et-international/droit-international/dissertation/pouvoirs-implicites-organisations-internationales-448552.html> ».
- [13] Human Writch Watch, *RD Congo : Qui sont les 9 individus sanctionnés par l'UE et les États-Unis ?* Disponible sur : « <https://www.hrw.org/fr/news/2016/12/16/rd-congo-qui-sont-les-9-individus-sanctionnes-par-lue-et-les-etats-unis> ».
- [14] LE BLOG DE HUBERT DE VAUPLANE, *Les sanctions économiques (embargos et gels des avoirs) sont-elles justes et efficaces ?*
Disponible sur : « <https://blogs.alternatives-economiques.fr/vauplane/2012/12/17/les-sanctions-economiques-embargos-et-gels-des-avoirs-sont-elles-justes-et-efficaces> ».
- [15] <https://www.ceps.eu/system/files/WD391%20Portela%20EU%20Targeted%20Sanctions.pdf>.
- [16] Salmon (J.), *Dictionnaire de droit international public*, Bruxelles, Bruylant-AUF, 2001.
- [17] Document sur pertinence des sanctions / rétorsions au XXIème siècle : mutations, objectifs et moyens,
- [18] Document sur sanctions internationales et réassurance , Apref, 2012.
- [19] Federal Register, Vol.71, No. 210, Tuesday, October 31, 2006.
- [20] Journal officiel de l'Union européenne du 29 Mai 2017
- [21] Lignes directrices concernant la mise en œuvre et l'évaluation de mesures restrictives (sanctions) dans le cadre de la politique étrangère et de sécurité commune de l'UE, document 15114/05 du Conseil daté du 2 décembre 2005
- [22] Executive Order 13413, as amended by E.O.13711 may be ineligible for U.S. visas under presidential proclamation 8693 or authorities, Presse center, Washington,2017
- [23] U.S. DEPARTEMENT OF THE TREASURY, *Designations highlight actions that threaten the peace, security and stability of the DRC*, latest news, Washington, 2018
- [24] Principes de base concernant le recours aux mesures restrictives (sanctions), document du Conseil de l'UE (10198/1/04) daté du 7 juin 2004.

MANIFESTATIONS ET FACTEURS DE L'ÉTALEMENT URBAIN DANS LE DOUBLET ABOMEY-BOHICON (BENIN)

[MANIFESTATIONS AND FACTORS OF URBAN SPRAWL IN THE DOUBLET ABOMEY-BOHICON (BENIN)]

N. M. TOSSOU¹, T. VIGNINO², A. R. A. SALIOU³, D. J. GUEDENON¹, and N. AGOSSOU¹

¹Laboratoire d'Aménagement Régional & Développement (LARD /UAC), BP 01-1397 Porto-Novo, Benin

²Laboratoire d'Etudes des Dynamiques Urbaines et Régionales(LEDUR /UAC), 01 BP 526 Cotonou, Benin

³Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LaRBA/EPAC/UAC), 01BP 2009, Cotonou, Benin

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Urban growth in the Abomey and Bohicon has led to a real metamorphosis of these spaces. This transformation has spawned the urban sprawl whose manifestation and the factors are necessary for the understanding for a sustainable management of these territories.

This research contributes to the knowledge of urban sprawl between Abomey and Bohicon territories.

The methodology combined both quantitative and qualitative approaches. A sample of 944 people was constituted in both territories. The collected data are processed from statistical and spatial analysis and the computation of urban sprawl indicators.

These various indicators show that the suburbs of Abomey and Bohicon are dynamic between 1992 and 2002 with a regular spread from the center towards the periphery marked by a more or less strong intensity between 2002 and 2013.

The settlement of the populations is explained by the geographical position and the crossing of the tracks connecting the hinterland by these territories.

The pedology, relief, climate, varied and diversified structuring services, political decisions, land and real estate contribute intensively.

The correspondence analysis of factors reveals that the low environmental pollution, the inheritance, the land tenure are the main motivations of installation in the peripheries whereas those of the town centers are the proximity of the service or a market, the subdivision of the middle, the presence of water, electricity and security.

This growing facility needs to meet the challenges imposed by this urban sprawl to ensure efficient management of these spaces for future generations.

KEYWORDS: motivation, structuring services, sprawl, sustainable management, challenges.

RESUME: La croissance urbaine dans les territoires d'Abomey et de Bohicon, a conduit à une véritable métamorphose de ces espaces. Cette transformation a engendré l'étalement urbain dont la manifestation et les facteurs sont nécessaires à la compréhension pour une gestion durable de ces territoires.

La présente recherche contribue à la connaissance de l'étalement urbain entre les territoires d'Abomey et de Bohicon.

La démarche méthodologique a combiné aussi bien l'approche quantitative que qualitative. Un échantillon de 944 personnes a été constitué sur l'ensemble des territoires. Les données collectées sont traitées à partir d'analyses statistiques, spatiales, et de calcul d'indicateurs de mesure de l'étalement urbain.

Les différents indicateurs attestent que les banlieues d'Abomey et de Bohicon sont dynamiques entre 1992 et 2002 avec un étalement régulier du centre vers la périphérie marquée par une intensité plus ou moins forte entre 2002 et 2013.

L'installation des populations s'explique par la position géographique et la traversée des voies reliant l'hinterland par ces territoires.

La pédologie, le relief, le climat, les services structurants variés et diversifiés, les décisions politiques, le foncier et l'immobilier y contribuent énormément.

L'analyse factorielle des correspondances révèle que la faible pollution du milieu, l'héritage, le foncier constituent les principales motivations d'installation dans les périphéries tandis que celles des centres-villes sont la proximité du service ou d'un marché, le lotissement du milieu, la présence d'eau, d'électricité et la sécurité.

Cette installation grandissante nécessite de relever les défis imposés par cet étalement urbain afin d'assurer une gestion efficiente de ces espaces pour les générations futures.

MOTS-CLEFS: installation, services structurants, étalement, gestion durable, défis.

1 INTRODUCTION

Les transformations urbaines que vit le monde actuel sont le fruit de l'évolution des technologies et du mode de vie de l'être humain. Cela s'exprime parfois et dans bien des cas, par une croissance urbaine rapide qui participe à l'extension du domaine de la ville et son élargissement [1].

Localement, elles prennent des formes très variées, qui dépendent de complexes mécanismes systémiques où interfèrent les spécificités des milieux naturels, le poids des structures historiques, les niveaux de développement ainsi que les choix collectifs et les politiques publiques [2].

En Afrique de l'Ouest comme dans le reste du monde, la croissance urbaine récente a pris trois formes :

- une densification des agglomérations existantes ;
- un étalement des agglomérations existantes ;
- l'émergence de nouvelles agglomérations, soit à partir de noyaux villageois existants (urbanisation in situ) soit sous la forme de villes nouvelles spécialement créées (urbanisation ex-nihilo), soit sous la forme de rassemblements ou de concentrations non-planifiées donnant naissance à de nouvelles agglomérations [3].

Il en résulte que la transition urbaine est en réalité une transition périurbaine, ce qui ne manque pas de poser de redoutables questions de gouvernance et de politiques publiques [2].

Par ailleurs, dans le contexte africain, l'indisponibilité de données ou le peu de fiabilité de celles qui existent (vieux plans ou photos aériennes), d'une part, et l'impatience des décideurs, d'autre part, conduisent les aménageurs à adapter leurs méthodes d'intervention aux moyens dont ils disposent (temps, matériels, données collectées, etc.) [4].

Il est évident que le cheminement naturel du développement de toute ville est l'extension mais ce qui est nouveau c'est l'étalement urbain [5].

L'étalement urbain intervient dans une zone donnée lorsque le taux de changement d'occupation des terres en faveur de l'urbanisation est plus rapide que la croissance de la population sur une période de temps déterminée [6].

La concentration de la population autour des principales agglomérations accélère l'extension des espaces urbains, entraînant une pression forte sur les territoires ruraux périphériques [7].

Avec le croît démographique et l'extension spatiale des villes d'Abomey et de Bohicon dus à l'urbanisation, il s'est produit de profondes mutations notamment aux plans morphologique, économique et socio-anthropologique du foncier [8]. Mais ces villes se sont engagées dans des processus d'urbanisation basés sur la dynamisation du marché foncier et de la croissance démographique. Ce doublet enregistre une marchandisation croissante des terres et une autoproduction des habitations en l'absence de toute norme urbanistique [9].

Les arrondissements ruraux perdent d'importantes superficies du fait de croissance urbaine qui leur fait subir un changement de fonction et perdre leur identité agricole [10].

Entre 2002 et 2013, pendant que l'accroissement des populations rurales baisse celui des populations urbaines croît et atteint les 6% dans ces deux villes [11] et [12].

La maîtrise de cet espace à travers le contrôle et la sécurité des populations et des ressources suppose la connaissance des frontières de l'entité administrative. Mais force est de constater que les limites des collectivités territoriales arbitraires et mal connues par la plupart des administrateurs sont sources de conflits frontaliers [13]

Cette recherche vise à étudier (1) l'étalement urbain des territoires d'Abomey et de Bohicon ; déterminer (2) les facteurs de cet étalement, et analyser (3) les manifestations de l'étalement sur ces deux territoires.

2 DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

L'étude de l'étalement urbain, la détermination des facteurs et l'analyse des manifestations, ont été faites à travers une approche typologique consistant à identifier, recenser les fragments et les pôles de l'espace à partir desquels s'amorcent les dynamiques, puis une approche socio-économique et politique mettant en relief l'importance des politiques et logiques qui sous-tendent les mécanismes d'occupation, d'organisation et de gestion de l'espace. Ces approches associent la collecte de données et des informations qui ont fait l'objet d'analyses statistiques et de traitement cartographiques.

2.1 MILIEU DE RECHERCHE

Le territoire d'Abomey est subdivisé en sept arrondissements (Djègbé, Hounly, Vidolé, Agbokpa, Détohou, Sèhoun, Zounzomè) et composée de 11 quartiers de ville, 18 villages et 210 localités tandis que Bohicon comprend 10 arrondissements (Agongointo, Avogbana, Bohicon I, Bohicon II, Gnidjazoun, Lissèzoun, Ouassaho, Passagon, Saclo et Sodohomè), 17 quartiers de ville, 33 villages et 207 localités.

Abomey et de Bohicon constituent un doublet urbain situé entre 7°6'5,36" et 7°17'26,09" de latitude Nord ; 1°53'15,22" et 2°14'24,08" de longitude Est. Ce doublet est limité au nord et à l'ouest par la commune de Djidja, au sud par les communes d'Agbangnizoun et Zogbodomè, à l'est par la commune de Zakpota (Figure 1).

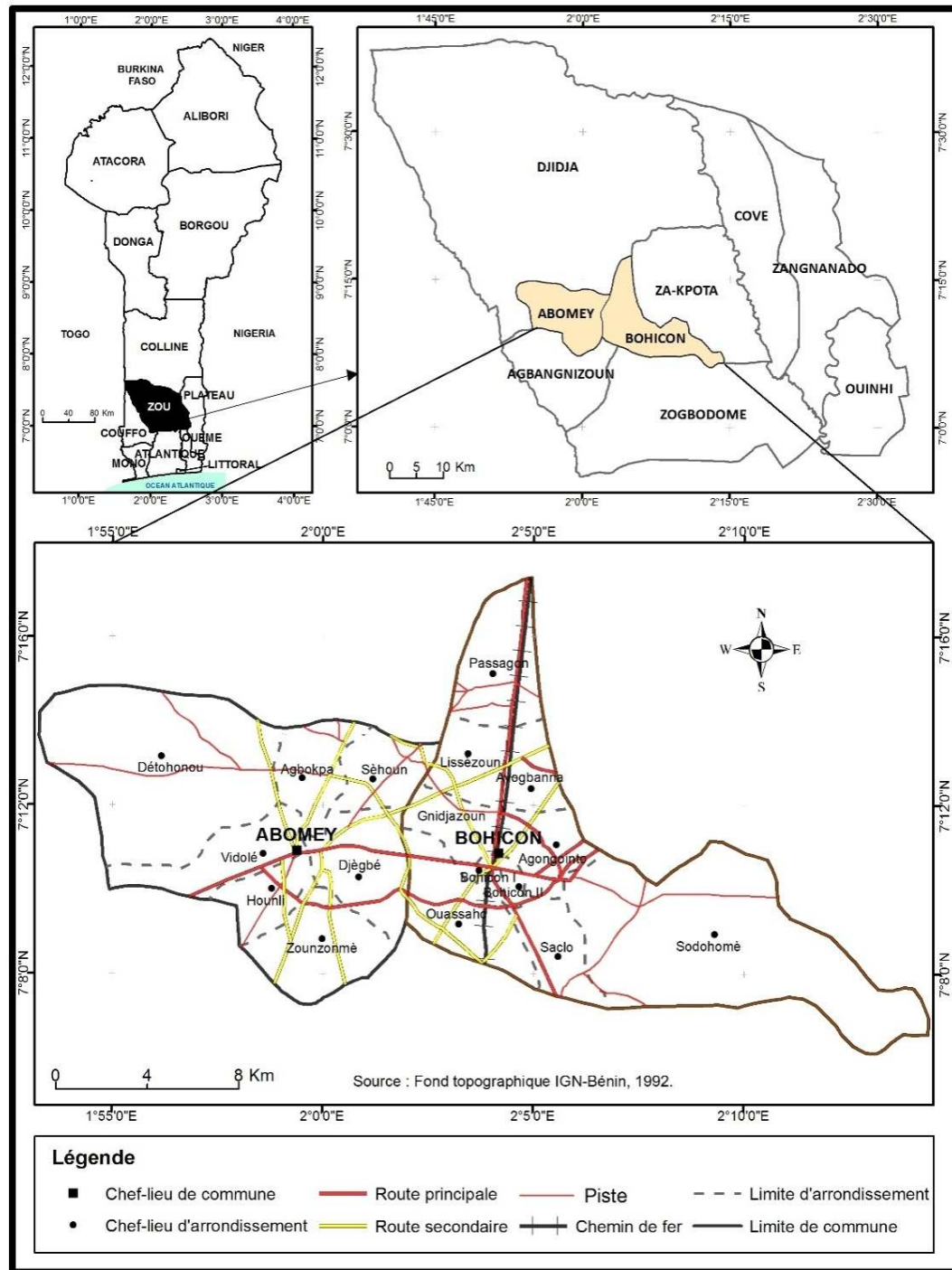


Fig. 1. Présentation du milieu de recherche

2.2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.2.1 MATÉRIELS ET DONNÉES

Les documents planimétriques, les images satellitaires Landsat 5 TM de 1986, Landsat 7 ETM+ de 2000, OLI/Tirs de 2013 et 2017 en format TIFF de résolution 28,5 mètres, les enquêtes de terrain puis les données issues des études et rapport de type socio-économique, les recensements de la population réalisés par l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE) pour les années 1979, 1992, 2002 et 2013 ont été exploités. Elles ont été complétées par les informations et données collectées.

2.2.2 MÉTHODES DÉMOGRAPHIQUES

2.2.2.1 DONNÉES DÉMOGRAPHIQUES

L'identification des populations rurales et urbaines d'Abomey et de Bohicon de 1979 et 1992 a été effective après la numérisation des documents afin d'extraire les données. Il en a été de même de celle par quartiers et villages.

Les données démographiques issues des recensements généraux de la population et de l'habitat de 1979, 1992, 2002 ont été traitées et mises sous forme de tableau en vue de produire les différentes graphes et cartes de densité. Celles des années 1986, 2000, 2025 ont été obtenues par projection à l'aide de la formule (1).

$$P = P_i e^{rt} \quad (1)$$

Avec : P = population à estimer ; P_i population initiale ; r le taux d'accroissement de la population et t le temps.

Un échantillon de huit cent cinquante-sept (857) a été constitué à partir de la méthode probabiliste de Marien et Beaud. Les individus enquêtés dans les ménages sont les personnes rencontrées (hommes ou femmes) présentes dans les maisons par l'enquêteur au moment de son passage. Le principe de choix raisonné a permis de recueillir des informations dans les ménages. Des entrevues ont lieu avec quatre-vingt-sept (87) personnes composées de responsables chargés de la gestion urbaine d'Abomey et de Bohicon qui constituent les cibles secondaires à travers un principe de choix raisonné. Ce choix est basé sur le degré d'implication des acteurs dans l'élaboration et la mise en œuvre des outils de planification dans ces villes.

2.2.2.2 DONNÉES CARTOGRAPHIQUES

Les cartes de la dynamique de l'occupation du sol ont été réalisées à partir de l'interprétation des images satellitaires Landsat disponibles sur le site GLCF. Cela a permis d'analyser la dynamique de l'occupation du sol dans le temps et l'espace et d'évaluer l'évolution des superficies des différentes unités d'occupation du sol. Il a été procédé à leur étude comparative pour mieux appréhender la dynamique de l'occupation du sol dans le temps (notamment entre 1986 et 2017) et l'espace puis d'évaluer les superficies des différentes unités d'occupation du sol.

Pour faire le bilan de la dynamique des unités d'occupation du sol, l'évolution en matière de superficie occupée par les différentes unités entre 1986 et 2017 a été évaluée à l'aide du logiciel ArcGIS10.4.

2.2.3 MÉTHODE D'ANALYSE DE L'ÉTALEMENT URBAIN À PARTIR DE SA MESURE

2.2.3.1 APPROCHE DÉMOGRAPHIQUE

En utilisant des nomenclatures des aires urbaines et des agglomérations (unités urbaines) définies à partir des données de 1979 et en décomposant les aires urbaines en trois sous-espaces (ville-centre, banlieue et couronne périurbaine), l'examen comparatif des taux de croissance de ces sous-espaces (respectivement V, B et C) montre différents modes de développement urbain qui ont été identifiés au cours des quatre périodes de 1979, 1992, 2002 et 2013.

Il est observé un étalement régulier du centre vers la périphérie de plus ou moins forte intensité lorsque $V < B < C$. Une banlieue est dynamique lorsque $B > C$ et $B > V$, et une banlieue est en retrait si $B < V < C$.

2.2.3.2 RATIO SIMPLE

L'étalement urbain a été mesuré avec le ratio simple (RS) de Charmes Eric [14] donné par la formule (2):

$$RS = \frac{S_u}{P_u} \quad (2)$$

où S_u est la surface urbanisée et P_u le nombre d'habitants de cette surface. Une forte valeur du Ratio Simple (RS) indique une faible densité résidentielle brute dans la surface urbanisée. De plus, une augmentation du RS dans le temps indique que surface urbanisée a augmenté plus vite que la population qu'elle abrite.

2.2.3.3 INDICATEUR D'ÉTALEMENT URBAIN

Il s'agit de caractériser les territoires au regard de l'étalement urbain sur la période 1986-2017. En s'appuyant sur la définition de l'Agence Européenne de l'Environnement : il y a étalement urbain lorsque le taux de croissance des surfaces urbanisées excède le taux de croissance de la population.

Le calcul de l'indice selon la formule (3) correspond au rapport entre l'évolution des surfaces artificialisées (en %) et l'évolution de la population (en %).

$$\text{Indice} = \frac{\text{Evolution de la surface artificialisée}}{\text{Evolution de la population}} \quad (3)$$

2.3 ANALYSES STATISTIQUES

Afin d'identifier les facteurs qui influencent l'étalement urbain, des analyses statistiques ont été faites. Ces analyses ont consisté à établir d'une part les liens entre les motivations d'installation au niveau des différents arrondissements à travers une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC). D'autre part, le Modèle Linéaire Généralisé (GLM) a consisté à déterminer les facteurs les plus significatifs qui interviennent dans la durée d'installation des populations locales au niveau des deux territoires Abomey et Bohicon. Sur ces deux territoires, les données relatives au profil des enquêtés, leur cadre de vie et leurs conditions socio-économiques ont permis d'identifier les facteurs qui influent sur la durée d'installation des enquêtés. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées dans R [15] avec un niveau de significativité $\alpha = 5\%$.

3 RÉSULTATS

3.1 ÉTALEMENT URBAIN DANS ABOMEY ET BOHICON

Les fluctuations du taux d'accroissement périodique des surfaces artificialisées et de celui de la population ont permis d'avoir des indicateurs d'étalement urbain qui décroissent de plus de la moitié de 1986 à 2013 et qui quintuplent entre 2013 et 2017 à Abomey. À Bohicon, cet indice d'étalement urbain montre une tendance inverse de 2013 à 2017 c'est-à-dire décroît (Tableau 1). L'étalement urbain est plus accentué à Abomey qu'à Bohicon.

Tableau 1. Indicateurs d'étalement urbain à Abomey et à Bohicon

Paramètres		1986-2000	2000-2013	2013-2017
Evolution des surfaces artificialisées	Abomey	10%	5%	5%
	Bohicon	25%	7%	11%
Evolution de la population	Abomey	2%	3%	0,2%
	Bohicon	6%	4%	3%
Indice	Abomey	5,00	1,67	25,00
	Bohicon	4,17	1,75	3,67

Source : Images satellitaires Landsat 5 TM de 1986, Landsat ETM de 2000, Landsat 7 ETM+ 2013 et 2017 ; enquête de terrain, 2017 et [16], [17], [18], [11], [12]

Selon l'approche démographique, pendant que les banlieues d'Abomey et Bohicon sont dynamiques entre 1992 et 2002, l'étalement est régulier du centre vers la périphérie avec une plus ou moins forte intensité entre 2002 et 2013 (Tableau 2).

Tableau 2. Paramètres démographiques de Abomey et de Bohicon pour l'évaluation de l'étalement urbain

Territoires	Paramètres	1979-1992	1992-2002	2002-2013
Abomey	V	2,3%	1,5%	1,2%
	B		7,5%	2,4%
	C	-1,5%	-3,2%	2,5%
	Comparaison		B>C et B>V	V<B<C
Bohicon	V	5,1%	4,3%	3,2%
	B		8,8%	4,5%
	C	1,0%	0,1%	4,8%
	Comparaison		B>C et B>V	V<B<C

Source : [19], [20], [65], [17], [18], [11], [12]

Le calcul des ratios simples de Eric Charmes permet de confirmer que les espaces urbains croissent plus vite que les populations qu'elles abritent à Abomey de 1986 à 2017 (Tableau 3). A Bohicon, cette tendance est observée entre 1986 et 2000 d'une part puis 2013 à 2017 mais entre 2000 et 2013, il est noté une occupation vers les périphéries. L'étalement urbain est une réalité dans les deux territoires de 1986 à 2017 car la croissance urbaine a excédé celle de la population dans les deux villes. Et les espaces urbains ont également plus évolués que les populations urbaines y habitant.

Tableau 3. Ratio simple de Eric Charmes à Abomey et à Bohicon

Territoire	Ratio	1986	2000	2013	2017
Abomey	Pu	44.649	61.305	83.153	86.355
	Su	357	863	1.368	1.621
	RS	0,01	0,01	0,02	0,02
	Accroissement RS		4,1%	1,2%	3,4%
Bohicon	Pu	31.674	71.685	117.596	130.332
	Su	392	1.157	1.720	2.169
	RS	0,01	0,02	0,01	0,02
	Accroissement RS		1,9%	-0,8%	3,3%

Source : Images satellitaires Landsat 5 TM de 1986, Landsat ETM de 2000, Landsat 7 ETM+ 2013 et 2017 ; enquête de terrain, 2017 et [16], [17], [18], [11], [12]

3.2 MANIFESTATIONS DE L'ÉTALEMENT URBAIN DANS ABOMEY ET BOHICON

3.2.1 MANIFESTATION DE L'ÉTALEMENT URBAIN DANS LES UNITÉS MORPHOLOGIQUES

De 1979 à 2013, les plus fortes variations de population se situent dans les centres-villes des deux territoires. Néanmoins dans les banlieues et couronnes périurbaines, quelques variations importantes ont été notées dans les banlieues et couronnes périurbaines notamment à Agbokpa, Détohou et Zounzounmè à Abomey et Sodohomè, Agongointo, Avogbana, Lissèzoun, Ouassaho à Bohicon (Tableau 4).

Ces données confirment l'étalement urbain à la fois dense en continuité dans les centres-villes et peu dense dans la couronne périurbaine.

Tableau 4. Variation de population dans les arrondissements d'Abomey et de Bohicon de 1979 à 2013

Territoire	Arrondissement	Variation 1979-1992	Variation 1992-2002	Variation 2002-2013
Abomey	Vidolé	2.904	2.653	1.696
	Hounli	4.922	2.372	2.278
	Djègbé	5.088	3.321	4.239
	Agbokpa	- 862	1.030	2.195
	Détohou	494	1.181	1.492
	Sèhoun	2.655	171	683
	Zounzounmè	1.245	1.018	1.342
Bohicon	Bohicon I	9.898	9.823	11.615
	Bohicon II	10.824	12.698	16.155
	Agongointo	592	1.408	4.958
	Gnidjazoun	431	171	1.467
	Sodohomè	4.574	1.124	7.385
	Saclo	747	621	2.058
	Ouassaho	1.873	2.012	2.676
	Avogbana	424	860	5.215
	Lissèzoun	744	929	3.866
	Passagon	964	1.555	3.295

Source : [19], [20], [16], [17], [18], [11], [12]

De 1986 à 2017, les savanes arborées et arbustives et les formations marécageuses ont perdu respectivement 89% et 35% de leurs superficies à Abomey tandis qu'à Bohicon ces savanes en ont perdu 94% au détriment des zones bâties, de mosaïques

de cultures et jachères et de forêt marécageuse. Les surfaces artificialisées des territoires sont de 50% et 62% dont 17% et 19% de zones bâties respectivement à Abomey et à Bohicon (Tableau 5).

Les figures 2 et 3 prouvent que les unités spatiales comme les forêts claires et savanes boisée continueront de subir une pression de la demande en parcelles à bâtir.

Tableau 5. *Evolution des unités d'occupation du sol d'Abomey et de Bohicon de 1986 à 2017*

Territoire	Unités (ha)	1986	2000	2013	2017
Abomey	Zone bâtie	444	1.084	2.314	2.918
	Mosaïque de cultures et jachères	1.506	2.195	2.553	4.110
	Mosaïque de cultures et jachères sous palmier	1.233	1.974	2.560	3.490
	Forêt claire et Savane boisée	8.560	5.350	2.675	948
	Forêt galerie	722	994	891	763
	Savane arborée et arbustive	1.755	2.565	3.176	2.124
	Formation marécageuse	375	433	426	242
	Total	14.595	14.595	14.595	14.595
Bohicon	Zone bâtie	501	1.886	2.901	3.656
	Mosaïque de cultures et jachères	888	3.466	6.060	7.394
	Mosaïque de cultures et jachères sous palmier	324	551	1.241	995
	Forêt claire et Savane boisée	12.925	7.202	2.381	803
	Forêt galerie	75	296	603	745
	Savane arborée et arbustive	1.970	3.147	3.329	3.010
	Formation marécageuse	72	207	240	152
	Total	16.755	16.755	16.755	16.755

Source : Interprétation des images Landsat TM de 1986, Landsat ETM de 2000, Landsat 8 OLI/TIRS de 2013 et 2017

Si les centres-villes augmentent leur étendue, ils seront contraints d'empiéter sur leur périphérie ce qui s'illustrent par les figures 2a, 2b et 3a, 3b.

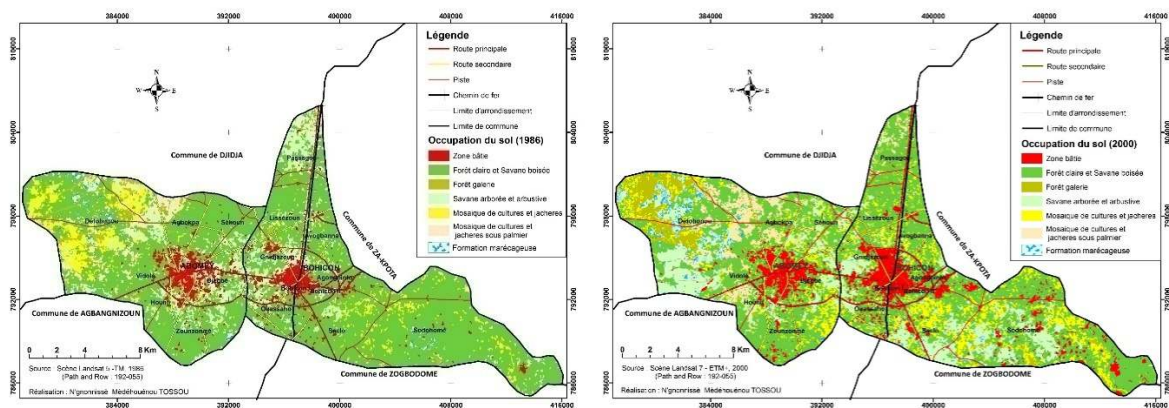


Fig. 2. *Occupation du sol à Abomey et Bohicon en (a) :1986 et (b) : 2000*

Source : Interprétation de images Landsat TM de 1986, Landsat ETM de 2000

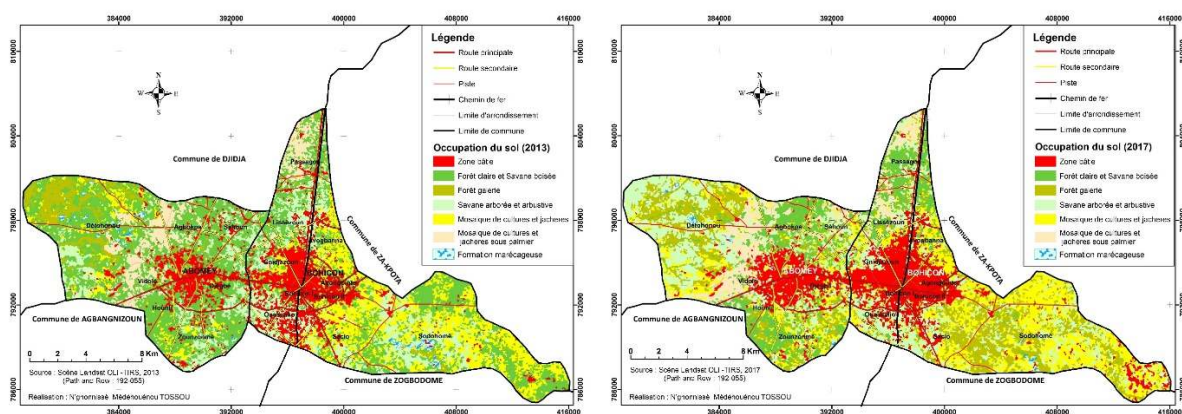


Fig. 3. Occupation du sol à Abomey et Bohicon en 2013 et 2017

Source : Interprétation des images Landsat 8 OLI/TIRS de 2013 et 2017

Les modifications paysagères sont surtout concentrées le long des principaux axes de circulation. La croissance de ces territoires se fait par adjonction de nouvelles surfaces au noyau urbain central (Figure 2, 3 et 4). Les profondes mutations du paysage ont imprimé un nouveau visage aux milieux anciennement ruraux qui ont cédé place à un nouvel espace caractérisé par une accélération de l'étalement urbain (Figure 4).

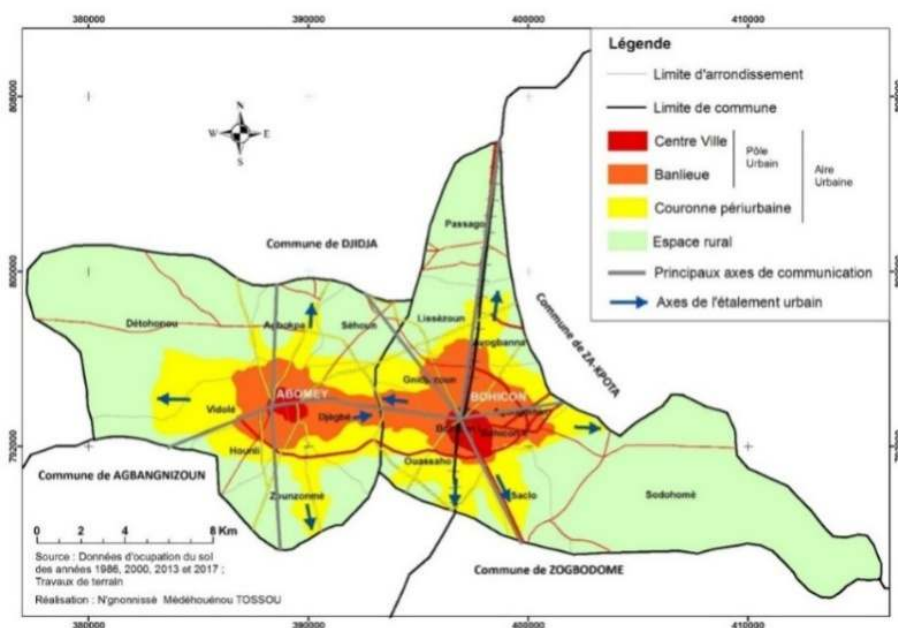


Fig. 4. Structures des territoires d'Abomey et Bohicon avec les sens de l'étalement

Source : Interprétation des images Landsat TM de 1986, Landsat ETM de 2000, Landsat 8 OLI/TIRS de 2013 et 2017

3.2.2 EVOLUTION DES POPULATIONS AGRICOLES À ABOMEY ET BOHICON

Des données de recensement national, le pourcentage des populations agricoles décroît de 1979 à 2013 dans Abomey et Bohicon (Tableau 6). Ce pourcentage décroît de moitié à chaque période de recensement en engendrant plus de non agricoles qui s'installent au fil du temps.

Tableau 6. Evolution des populations agricoles à Abomey et à Bohicon

Territoire	Population	1979	1992	2002	2013
Abomey	Population agricole	21.293	18.563	18.106	9.305
	Population totale	50.149	66.595	78.341	92.266
	% de la population agricole	42%	28%	23%	10%
Bohicon	Population agricole	27.194	27.777	21.684	17.408
	Population totale	50.819	81.890	113.091	171.781
	% de la population agricole	54%	34%	19%	10%

Source : [19], [20], [16], [17], [18], [11], [12]

De 1992 à 2013, seules les populations de Djègbé, Hounli, Vidolé ont des populations agricoles de moins de 50% tandis qu'en 2013 seul Détohou a une population agricole de plus de 50% (Tableau 7).

A Bohicon, de 1992 à 2013, les arrondissements de Bohicon I et Bohicon II avaient déjà une population agricole très faible c'est-à-dire entre 20% et 1%. Mais en 2013, tous les arrondissements ont des populations agricoles inférieures à 50%.

Tableau 7. Pourcentage de population agricole dans les arrondissements d'Abomey et de Bohicon

Territoire	Arrondissement	1992	2002	2013
Abomey	Vidolé	13%	9%	2%
	Hounli	21%	16%	3%
	Djègbé	19%	15%	3%
	Agbokpa	70%	49%	33%
	Detohou	81%	73%	61%
	Sèhoun	73%	47%	14%
	Zounzounmè	48%	52%	16%
Bohicon	Bohicon I	18%	7%	2%
	Bohicon II	6%	5%	1%
	Agongointo	53%	18%	7%
	Gnidjazoun	31%	17%	6%
	Sodohomè	83%	67%	45%
	Ouassaho	30%	3%	4%
	Saclo	56%	54%	7%
	Avogbanna	49%	26%	13%
	Lissèzoun	30%	15%	4%
	Passagon	69%	57%	36%

Source : [18], [11], [12]

3.2.3 MANIFESTATION DE L'ÉTALEMENT À TRAVERS LES SERVICES PUBLICS ET PRIVÉS

A Abomey, les arrondissements urbains prennent en compte sont ceux des centres-villes puis et les arrondissements de Agbokpa, Zounzounmè, tandis qu'à Bohicon, ce sont ceux de Bohicon I, Bohicon II, Agongointo, Gnidjazoun, Ouassaho sont les plus urbains.

Les différents arrondissements disposent de plusieurs types de services collectifs sociaux de base notamment les marchés, les administrations, les écoles, les collèges, les universités, les pharmacies, les institutions financières, les gares, les industries, les sociétés d'assurance, les agences de communications, les cimetières, les stades omnisports. Bohicon regorge plus de services collectifs sociaux de base qu'Abomey.

A Abomey, les services publics occupent 62% du territoire contre 38% privés avec 76% de concentration dans les centres-villes. A Bohicon, 48% du territoire des services publics y sont contre 52% pour les services privés avec 50% dans les centre-ville (Tableau 8).

Tableau 8. Taux de couverture services publics et privés par arrondissement

Territoire	Arrondissement	Services publics de base		Services privés	
		Effectif	%	Effectif	%
Abomey	Vidolé	63	18,5	27	7,9
	Hounli	32	9,4	37	10,9
	Djègbé	60	17,6	38	11,2
	Agbokpa	13	3,8	9	2,6
	Détouhou	13	3,8	7	2,1
	Sèhoun	12	3,5	6	1,8
	Zounzounmè	17	5,0	6	1,8
	Total	210	61,8	130	38,2
Bohicon	Bohicon I	46	9,6	55	11,5
	Bohicon II	57	11,9	81	16,9
	Agongointo	8	1,7	19	4,0
	Gnidjazoun	10	2,1	3	0,6
	Sodohomé	26	5,4	24	5,0
	Saclo	16	3,3	17	3,5
	Ouassaho	19	4,0	20	4,2
	Avogbanna	18	3,8	11	2,3
	Lissèzoun	12	2,5	14	2,9
	Passagon	19	4,0	5	1,0
	Total	231	48,1	249	51,9

Source : Enquête de terrain, 2016, 2017 et 2018

Le taux de couverture au réseau de la Société Béninoise d'Energie Electrique (SBEE) dans Abomey et Bohicon a évolué positivement de 1992 à 2013 mais celui de la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) a baissé de 2002 à 2013 témoignant des besoins énormes des populations qui croissent. Les taux de couvertures de la SBEE en 2013 à Abomey et à Bohicon sont respectivement de 57,7% et 57,2% tandis que ceux de la SONEB sont de 47,7% à Abomey et de 54,3% à Bohicon (Tableau 9).

Tableau 9. Couverture aux réseaux SONEB et SBEE d'Abomey et de Bohicon

	1992		2002		2013	
	SONEB	SBEE	SONEB	SBEE	SONEB	SBEE
Abomey	42,4%	22,0%	69,2%	42,3%	57,7%	57,2%
Accroissement Abomey			5,0%	6,8%	-1,6%	2,8%
Bohicon	25,3%	16,9%	70,2%	42,8%	47,2%	54,3%
Accroissement Bohicon			10,7%	9,7%	-3,5%	2,2%

Source : [18], [11], [12]

3.2.4 MANIFESTATION DE L'ÉTALEMENT À TRAVERS L'OCCUPATION DES QUARTIERS

Depuis 1979, les populations des anciens quartiers continuent de croître jusqu'en 2013 à Abomey (Figure 5) tandis qu'à Bohicon (Figure 6), les populations de ces quartiers ont plus ou moins été stationnaires de 1979 à 1992 et ce n'est qu'après 1992 que ces populations ont connu une ascendance plus ou remarquable. Quant aux quartiers en extension et ceux périphériques, leur croissance est très marquée à Bohicon qu'à Abomey. De ces résultats, il ressort que les populations de ces deux villes développent deux stratégies d'installation qui s'opposent l'une à l'autre. Pendant qu'Abomey continue de se peupler au niveau de ces anciens quartiers, Bohicon s'engorge d'habitant au niveau des quartiers périphériques et ceux en extension.

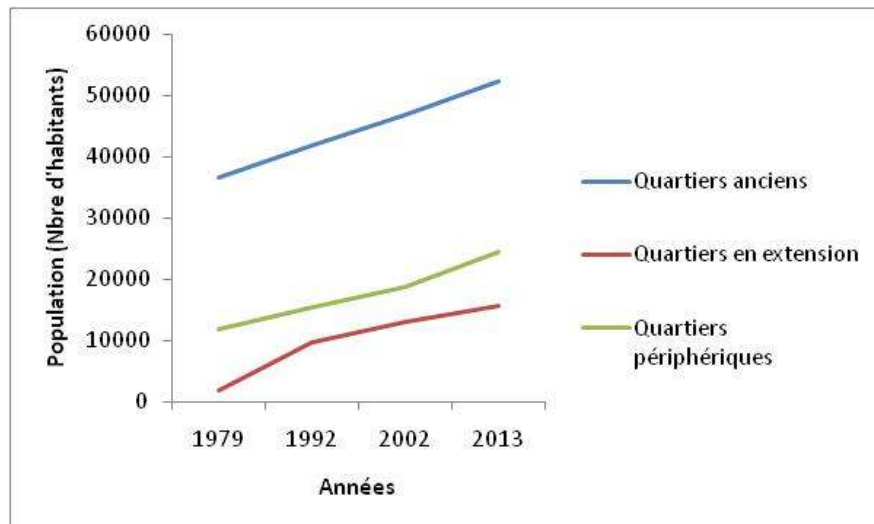


Fig. 5. Dynamique des populations par type de quartier de 1979 à 2013 à Abomey

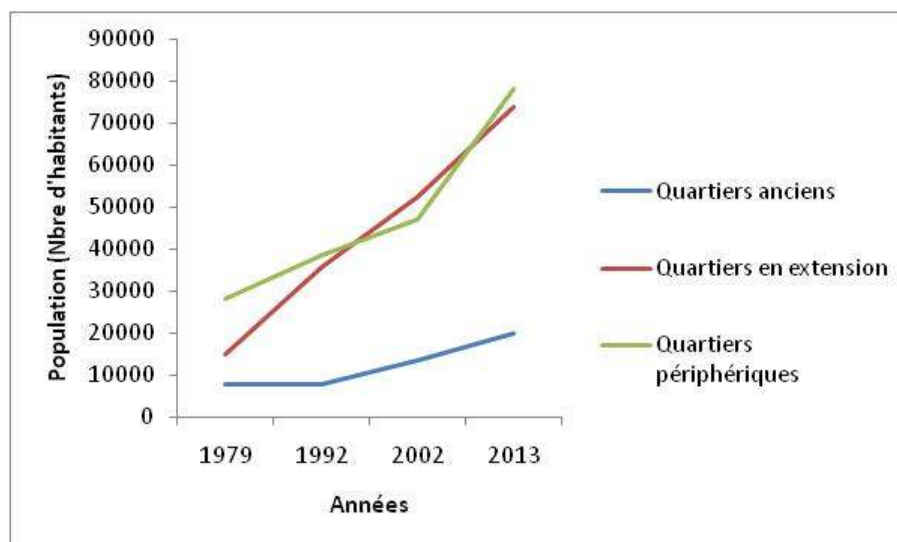


Fig. 6. Dynamique des populations par type de quartier de 1979 à 2013 à Bohicon

3.2.5 MANIFESTATION À TRAVERS LE TAUX D'URBANISATION RÉEL À ABOMEY ET BOHICON

De 1986 à 2013, Abomey et Bohicon ont connu des taux d'urbanisation réels qui varient entre 74% et 90% pour Abomey et entre 49% à 68% pour Bohicon (Tableau 10). Ces taux diminuent entre 2013 et 2017 au niveau des deux territoires et atteignent 84% à Abomey et 58% à Bohicon. Tout ceci montre la concentration des populations au niveau des arrondissements disposant des services urbains. Abomey jouit plus d'équipements concentrés dans les centres-villes que Bohicon. Les populations occupent de plus en plus les périphéries ce que témoigne les différents taux d'urbanisation.

Tableau 10. Indicateur d'étalement urbain à Abomey et Bohicon

		1986	2000	2013	2017
Population urbaine	Abomey	44.649	61.305	83.153	83.153
	Bohicon	31.674	71.685	117.596	130.331
Population totale	Abomey	60.080	76.901	92.266	98.637
	Bohicon	64.655	101.675	171.781	223.520
Taux d'urbanisation réel	Abomey	74%	80%	90%	84%
	Bohicon	49%	71%	68%	58%

Source : [16], [17], [18], [11], [12]

3.3 FACTEURS DE L'ÉTALEMENT URBAIN DANS ABOMEY ET BOHICON

3.3.1 ATTRACTIVITÉS DES VILLES

L'installation des populations à Abomey et Bohicon s'explique par la position géographique de ces villes et des Routes Nationales Inter Etats (RNIE II et IV) qui les traversent pour l'hinterland. La pédologie, le relief, le climat présentent des caractéristiques favorables à la vie humaine y compris les différentes activités indispensables à l'épanouissement. L'accroissement de la population trouve son fondement dans l'accroissement naturel et la mobilité professionnelle.

Les services structurants sont assez riches et diversifiés avec des voies, marchés, gares, agences d'assurances, services financiers, structures sanitaires et éducatifs, les administrations déconcentrées et décentralisées et des lieux de loisirs. Le foncier et l'immobilier y jouent un rôle prépondérant parmi les facteurs.

3.3.2 AUTRES FACTEURS DE MOTIVATION D'INSTALLATION DES POPULATIONS

Plusieurs facteurs ont été énumérés par les enquêtés qui motivent leur installation sur les territoires. La carte factorielle issue de l'AFC montre que les axes 1 et 2 expliquent près de 82,12 % de la variabilité des réponses.

Deux groupes ont été identifiés en fonction des motivations d'installation. Il s'agit du groupe 1 (G1) qui comporte en majorité les populations des arrondissements périphériques tels que Agbokpa, Détohou, Zounzonmè (Abomey) ; Avogbana, Sodohomey (Bohicon) sont motivées par le calme du milieu, l'héritage et les parcelles bon marché (Figure 7).

Les populations du groupe 2 composé en majorité des arrondissements des centres-villes estiment que leur installation est motivée par la proximité de leur service ou d'un marché, le lotissement du milieu, la présence d'eau et d'électricité ainsi que la sécurité (Figure 7). Cette démarcation claire entre les motifs d'installation des populations suivant les unités morphologiques montre que la culture et le mode de vie des populations ont une importance capitale dans le choix des destinations.

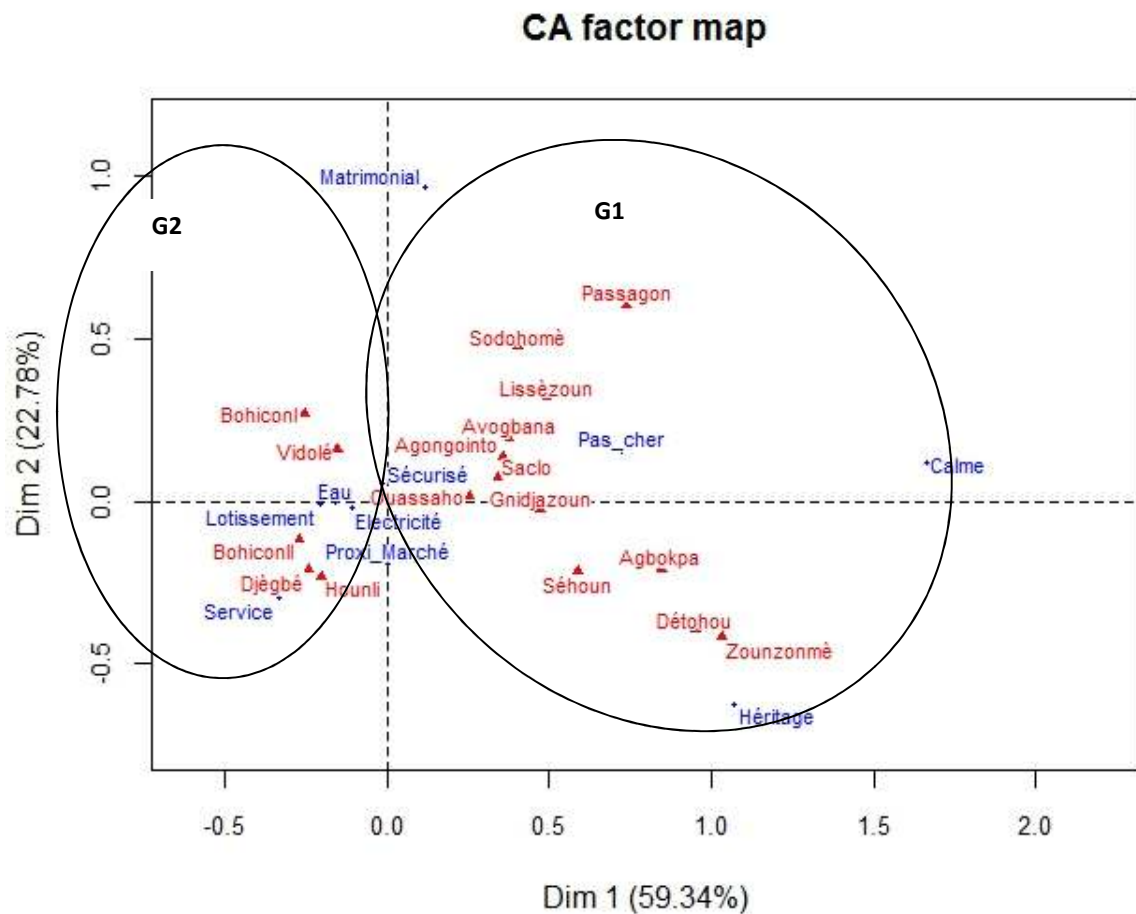


Fig. 7. Analyse factorielle des Correspondances de la motivation d'installation des enquêtés

3.3.3 FACTEURS QUI INFLUENCENT LA DURÉE DE RÉSIDENCE DES POPULATIONS D'ABOMEY ET DE BOHICON

Les résultats de GLM sur la durée de résidence des enquêtés avec d'autres variables sont présentés dans le tableau 11. Il ressort de ces résultats que seuls le niveau d'instruction, la source ou d'énergie et la situation matrimoniale ont d'effet significatifs sur la durée de résidence des enquêtés ($P < 0,05$). En effet, les enquêtés ayant le niveau secondaire second cycle et le niveau supérieur ont une durée de résidence significativement inférieure à celles ayant un niveau inférieur. Ce qui signifie que moins les habitants des deux territoires ont un niveau supérieur plus longtemps ils résident dans le milieu.

Aussi, la durée de résidence des habitants est-elle significativement plus élevée dans les zones où il y a présence de source d'énergie que dans celles qui n'en disposent pas. Mais il a été noté que la durée de résidence est significativement inférieure au niveau des enquêtés connectés au réseau de la SBEE comme source d'énergie. Ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'il y ait plus de mobilité dans les zones urbanisées.

Une autre variable qui influence la durée de résidence des habitants est la situation matrimoniale. Les enquêtés mariés passent plus temps dans leurs localités que les célibataires.

Les autres variables telles que le territoire, la situation de résidence, le secteur d'activité, le type de concession et le profil de l'enquêtés n'influent pas sur la durée de résidence de l'enquêtés.

Tableau 11. *Résultat du Modèle Linéaire Généralisé (GLM) sur la durée de résidence des enquêtés dans les territoires (référence = Abomey), niveau d'instruction (référence = Illettré), situation de résidence (référence = Autre), Activité principale (référence = Autre), type de concession (référence = Un ménage apparenté), Source d'eau (référence = Forage), source d'énergie (référence = Groupe électrogène), situation matrimoniale (référence = Célibataire) et profil de l'enquêté (référence = migrant)*

Terme du Modèle	Estimate	Erreur standard	z-value	P
Intercept	19.7082	13.6035	1.449	0.14778
Territoire = Bohicon	-0.5606	1.1141	-0.503	0.61496
Niveau d'Instruction = Primaire	-1.6851	1.1496	-1.466	0.14309
Niveau d'Instruction = Secondaire I	-1.3405	1.3112	-1.022	0.30693
Niveau d'Instruction = Secondaire II	-3.2808	1.3631	-2.407	0.01631
Niveau d'Instruction = Supérieur	-6.6096	2.6736	-2.472	0.01363
Situation de résidence = Locataire	0.4108	1.2934	0.318	0.75084
Situation de résidence = Propriétaire	0.6544	1.0290	0.636	0.52497
Activité principale = Secteur I	-1.5027	2.9258	-0.514	0.60767
Activité principale = Secteur II	-3.5671	2.8010	-1.274	0.20319
Activité principale = Secteur III	-1.4812	2.7794	-0.533	0.59424
Type de concession = Plus d'un ménage non apparenté	1.6667	1.6113	1.034	0.30124
Type de concession = Un ménage	-0.1039	0.9231	-0.113	0.91043
Source d'eau = PEA	-2.8281	15.2527	-0.185	0.85295
Source d'eau = Puits	6.5744	12.3497	0.532	0.59462
Source d'eau = SONEB	4.5748	12.3541	0.370	0.71125
Source d'énergie = Aucun	-10.2058	4.9742	-2.052	0.04051
Source d'énergie = panneau solaire	-7.8478	13.2492	-0.592	0.55380
Source d'énergie = SBEE	-10.1618	5.0200	-2.024	0.04326
Situation matrimoniale = Marié	3.7133	1.3321	2.788	0.00443
Profil = Natif	0.2991	1.0593	0.282	0.77776

4 DISCUSSION

4.1 FACTEURS NATURELS

L'attractivité d'un territoire est généralement assimilée à la capacité de ce territoire à attirer et à retenir les facteurs mobiles de production et/ou la population [21]. Autrement dit, cette attractivité est la capacité d'un territoire à être choisi par un acteur comme zone de localisation (temporaire ou durable) pour tout ou partie de ses activités ; cette attractivité perçue n'implique que des personnes physiques, des individus, des ménages ou des équipes, par exemple des équipes dirigeantes d'une entreprise ou d'une administration publique.

Elle dépend d'une multitude de facteurs dont ceux naturels qui influencent le choix des destinations. On peut citer les facteurs comme la position géographique, le climat, le relief et la pédologie. De part leur position géographique, Abomey et Bohicon bénéficient de tous les grands réseaux routiers qui drainent un flux impressionnant des personnes vers ces deux territoires et ce surtout à Bohicon. Comme l'ont souligné certaines références ([22] ; [1] ; [9]), la principale caractéristique physique de Bohicon à prendre en considération pour pouvoir expliquer sa croissance urbaine est sa position géographique. En ce qui concerne le relief, les deux territoires sont plus ou moins à faibles pentes. Seule une infime partie d'Abomey dispose de pente supérieure à 10%. La pédologie de ces deux territoires révèle des sols ferrallitiques représentant 58% à Abomey et 85% à Bohicon. Ceux ferrugineux couvrent 42% à Abomey contre 13% à Bohicon. Il existe à Bohicon 2,3% de sols hydromorphes à minéraux peu humifères à gley sur matériau alluvio-colluvial fluvial qui ne se retrouvent pas à Abomey. Ces types de sols ne manquent pas de fertilité et peuvent par conséquent nourrir une population nombreuse ([23]; [10]).

4.2 FACTEURS INFRASTRUCTURELS ET SOCIO-PROFESSIONNELS

L'accroissement naturel et les mouvements migratoires sont à l'origine des flux d'habitants au sein des deux territoires. Les principaux facteurs explicatifs de la dynamique démographique dans la commune d'Abomey-Calavi sont les migrations et l'accroissement naturel [24].

L'existence d'opportunité de travail est un facteur clé qui attire les migrants à aller s'installer dans ce doublet. La présence de marché, de gares routières, d'industries, de services financiers et de communication, d'infrastructures d'éducation, de

formation technique et professionnelle constitue des atouts pour ce doublet. Toutes ces infrastructures sont auréolées par l'existence de routes et pistes ruraux qui desservent les différents arrondissements. Le flux démographique dans la ville de Cotonou, s'explique par cette migration qui est essentiellement commandée par l'existence d'une multitude d'opportunités qui, malgré leur faible rentabilité permettent au grand nombre, de s'assurer le quotidien [25]. Dans les deux territoires, le réseau routier est de 101,4 km à Abomey et de 126,2 km à Bohicon qui contient un réseau ferroviaire de 17,1 km. Le cadre biophysique de Bohicon est favorable au développement des infrastructures de transport dans la commune [26]. Or les infrastructures de transport participent à l'amélioration des conditions des populations à travers les emplois qu'elles créent [27]. L'accroissement de la population dans la commune de Bohicon et la fonction commerciale que joue la ville en tant que pôle économique du moyen-Bénin ont renforcé le besoin en infrastructures de transports et l'offre de transport [26].

Mais il a été noté que selon le type de milieu, différents facteurs motivent l'installation des populations. Les résultats issus de l'AFC ont montré qu'en général, les motivations d'installation des populations dépendent de l'unité morphologique des arrondissements d'installation. Au niveau des deux territoires, les populations des arrondissements périphériques sont plus motivées par le calme du milieu, tandis que celles des arrondissements des centres-villes et des banlieues sont plus motivées par la proximité de leur service et du marché, la sécurité dans le milieu, la situation matrimoniale, la présence d'eau et d'électricité. Ces résultats montrent une démarcation claire dans les motivations des populations en fonctions des différentes satisfactions auxquelles elles s'attendent. Les zones reculées (couronne périurbaine et espaces ruraux) ont des motivations tournées plus vers un environnement calme à l'écart des bruits des centres-villes. Mais de façon globale, les habitants des centres-villes trouvent leur motivation dans la satisfaction de leur besoin d'exercer leur profession et dans la recherche d'un mieux-être à travers l'acquisition des services d'eau et d'électricité. Un territoire, comme une ville par exemple, est d'autant plus attractif pour les individus qu'il permet à ces derniers de bénéficier de plus fortes capacités ([28] ; [29]). Il s'agit, selon cet auteur, de la capacité d'être (liberté de se nourrir, de se vêtir, de se loger, d'être en mesure d'échapper aux maladies évitables etc.) et de la capacité d'agir (liberté de se déplacer, d'accéder à l'éducation, d'accéder au marché du travail, de bénéficier de loisirs ou de participer à la vie sociale et politique etc.).

4.3 FONCIER ET GOUVERNANCE URBAINE

Le foncier joue également un rôle déterminant dans le choix de destination et d'installation des populations. Ainsi, le territoire loti ou en cours de lotissement est à 38% à Abomey et celui de Bohicon est de 37% mais les centres-villes ont bénéficié de ces travaux respectivement de 80% en moyenne à Abomey contre 98% à Bohicon. Il est clair que les travaux de lotissement se sont plus concentrés en centre-ville que la périphérie des deux territoires. Des résultats issus de l'Analyse Factorielle des Correspondances, l'héritage et les parcelles bon marché constituent les motivations clé des habitants des zones périphériques tandis que la disponibilité des zones loties constitue l'une des raisons incitatives d'installation des populations des centres-villes. A partir de ces résultats, il est évident que les coûts des parcelles loties des centres-villes sont élevés et celles des zones périphériques sont à prix abordables ce qui incite les acquéreurs à s'installer de plus en plus dans les zones périphériques. Les fonctionnaires et employés de bureau, les commerçants et les hommes d'affaire sont les principaux acquéreurs de parcelles. La forte spéculation foncière fait augmenter rapidement les prix des parcelles ([30] ; [9]). La même tendance est observée en Tunisie où les coûts élevés des acquisitions immobilières et du foncier dans les communes du centre et leur disponibilité à un prix abordable dans les communes périphériques, ont généré un étalement urbain et une spéculation foncière sans précédent, favorisés par ailleurs par le développement des infrastructures routières et la large diffusion des moyens de locomotion personnels suite à l'amélioration du niveau de vie ([31] ; [32]). Ainsi, l'inflation des prix fonciers et la rareté des terrains en milieu urbain ont eu un rôle important sur les nouvelles formes d'urbanisation, avec étalement de la ville, fragmentation du tissu et apparition de centralités secondaires beaucoup plus formelles que fonctionnelles. A Abomey et à Bohicon, on pourrait toutefois s'étonner de la dynamique du marché foncier en milieux périurbain et rural mais, cela peut s'expliquer par le fait qu'avec, le morcellement des domaines fonciers opéré par le lotissement, les propriétaires terriens par crainte de se voir déposséder de leurs terres, procèdent à un morcellement privé et vendent les parcelles. Ce qui a été confirmé par la référence [8]. Aussi la dynamique d'urbanisation de la ville de Porto-Novo, est-elle déterminée par le fort développement du marché du foncier lié à celui de l'économie des services urbains ; ce qui caractérise cette dynamique territoriale de la région [33]. Ainsi, l'extension spatiale des villes résulte à la fois de l'accroissement de leur population et des pratiques sociales favorisant l'affectation et la réallocation des terrains situés dans les marges urbaines ([34] ; [35]).

En ce qui concerne la gouvernance urbaine, les décisions politiques contribuent énormément à l'installation des populations et surtout les hommes d'affaires qui investissent afin de tirer d'énormes profits. Ainsi, l'installation de l'Université d'Abomey dont le rectorat est à Bohicon contribue à drainer un flux important d'habitant ce qui a un effet sur l'accroissement de la démographie et par conséquent sur l'accroissement du bâti au niveau des deux territoires. Les dynamiques politiques ont une grande influence sur la gestion des villes [36].

5 CONCLUSION

Les différents indicateurs calculés attestent de l'étalement de ces deux villes. L'approche démographique permet d'affirmer que les banlieues de Abomey et Bohicon sont dynamiques entre 1992 et 2002 d'une part et l'étalement est régulier du centre vers la périphérie avec une plus ou moins forte intensité entre 2002 et 2013 d'autre part. Quant au ratio de Eric Charmes, il atteste que l'étalement urbain est perceptible dans les deux villes. Ce phénomène est plus important à Abomey entre 1986 et 2000 et à Bohicon entre 2000 et 2013.

Les manifestations de l'étalement se notent à travers l'occupation de l'espace par les populations et la répartition des services sociaux de base tels que les réseaux la Société Béninoise d'Énergie Electrique et la Société Nationale des Eaux du Bénin où les autorités peinent à couvrir les besoins des populations. A Abomey, les anciens quartiers continuent de se peupler mais à Bohicon, ce sont les nouveaux quartiers et ceux des périphéries qui drainent de plus en plus les populations. Ainsi, le taux d'urbanisation réel d'Abomey est de 84% et celui de Bohicon est de 58% en 2017.

Une analyse factorielle des correspondances révèle que la faible perturbation en termes de pollution sonore et environnementale du milieu, l'héritage et les parcelles bon marché (Agbokpa, Détohou, Zounzonmè et Sodohomey) puis la proximité de leur service ou d'un marché, le lotissement du milieu, la présence d'eau et d'électricité ainsi que la sécurité (Agonginto et Ouassaho) sont les facteurs qui expliquent mieux l'installation à Abomey et Bohicon. De plus, le niveau d'instruction, la source d'énergie et la situation matrimoniale ont d'effet significatifs sur la durée de résidence des enquêtés.

Cette durée de résidence est significativement plus élevée dans les zones où il y a présence de source d'énergie que dans celles en absence de source d'énergie. Les enquêtés mariés passent plus temps dans leurs localités que les célibataires. Toutefois, le mode de gestion de ces villes y contribue également par le laisser faire dans l'installation anarchique des populations.

Aussi faut-il faire remarquer que les décisions politiques participent à la migration donc à l'installation des populations ou à l'investissement afin de tirer profiter des opportunités.

REFERENCES

- [1] M. Djemel, Impact de l'évolution des formes de croissance urbaine sur l'identité de la ville et de ses citoyens. Mémoire de Maîtrise en urbanisme. Université de Montréal, 179 p, 2008.
- [2] J. Bogaert, et J.M. Halleux, Territoires périurbains. Développement, enjeux et perspectives dans les pays du Sud. Gembloux, Belgique : Presses agronomiques de Gembloux, pp. 43-61, 2015.
- [3] AFRICAPOLIS, Dynamiques de l'urbanisation ouest-africaine 1950-2020, 12 p. <http://www.afd.fr/jahia/Jahia/Africapolis>, <http://e-geopolis.eu>, 2011.
- [4] Y.G. Ogalama, La pratique de l'urbanisme en Afrique Subsaharienne : Bilan et perspective stratégique. L'exemple de la ville de Bangui (Centrafrique). Thèse doctorat en Aménagement de l'espace, urbanisme, Université François-Rabelais de Tours, 276 p, 2013.
- [5] A. Belhedi, Les défis de l'aménagement urbain, Séminaire de l'AFH, Faculté des Sciences Humaines & Université de Tunis, 9 p, 2013.
- [6] AEE, Urban sprawl in Europe - the ignored challenge, Rapport de l'AEE n°10/2006, Agence européenne pour l'environnement, Copenhague, 58 p, 2006.
- [7] J.Y. Le Drian, Pour une gestion durable du foncier au service du développement de la Bretagne, Conseil régional, Direction de l'aménagement et de la solidarité, 15 p, 2012.
- [8] S.H.F. Kakai, Logiques représentationnelles et stratégiques du foncier dans le doublet urbain Abomey-Bohicon au Bénin. *RGLL*, no08 décembre, pp. 131-144, 2010.
- [9] C.S.M. Dahandé, Foncier et installation humaine dans le doublet urbain Abomey-Bohicon (Bénin), Thèse de Doctorat en Géographie et Gestion de l'Environnement, UAC, 322 p, 2018.
- [10] C. Dahandé, O. Dossou-Guédègbé, Contexte et développement de l'étalement urbanin dans la commune de Bohicon, *Rev. Spe. Jour. Sci. FLASH*, Vol 4. Num 9, pp.109-121, 2014.
- [11] INSAE, Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH3). Résultats définitifs. Cotonou, Bénin, 203 p, 2004
- [12] INSAE, Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH4). La population du Zou. Cotonou, Bénin, 37 p, 2016.
- [13] J.A Akpaki., Conflits frontaliers et développement local dans les communes de Cotonou et d'Abomey-Calavi au Bénin, *Revue de géographie du laboratoire Leïdi- ISSN0051-2515-no10*, pp. 104-120, 2012.
- [14] R. Laugier, L'étalement urbain en France, synthèse documentaire, MEDDTL/SG/SPSSI/MD/CRDALN, 21 p, 2012.

- [15] R Core Team, R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>, 2017.
- [16] INSAE, Rapport méthodologique, Résultats définitifs (première partie), Volume 1, 317 p, 1983.
- [17] INSAE, Rapport méthodologique, Résultats définitifs (deuxième partie), volume 2, 372 p, 1983.
- [18] INSAE, Recensement général de la population et de l'habitation, volume national, Tome 1, tableaux statistiques, 448 p, 1986.
- [19] INSAE, Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH1). La population du Zou. Cotonou, Bénin, 40 p, 1988.
- [20] INSAE, Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH2). La population du Zou. Cotonou, Bénin, 45 p, 1994.
- [21] H. Gerardin, et J. Poirot, « L'attractivité des territoires : un concept multidimensionnel », *Mondes en Développement*, vol.38, no149, pp. 27-41, 2010.
- [22] A.D.F. Djogbénou, Dynamique urbaine et répartition des infrastructures sociocommunitaires dans la commune de Bohicon au Bénin. Mémoire de DESS en Cartographie et Techniques Géo spatiales, RECTAS, 112 p, 2014.
- [23] J. R. Ahoyo, Les villes d'Abomey et de Bohicon : une capitale historique et un centre commercial moderne dans le centre sud du Dahomey (Bénin). Thèse de 3ème cycle de géographie, Université de Paris VII, Paris, 589 p, 1976.
- [24] M.D. Baloubi, Dynamique urbaine et perspectives de l'agriculture dans la commune d'Abomey-Calavi (sud-Bénin), *Revue semestrielle de Géographie du Bénin « BenGéo »*, vol.17, pp. 72-96, 2015.
- [25] J.E. Gnélé, Dynamiques de planification urbaine et perspectives de développement durable à Cotonou (République du Bénin). Thèse de doctorat en Géographie et Gestion de l'Environnement, UAC, 338 p, 2010.
- [26] S.B. Allagbé, Vulnérabilité des infrastructures de transport aux changements climatiques dans la commune de Bohicon au Bénin, *Revue semestrielle du Laboratoire d'Etudes des Dynamiques Urbaines et Régionales/ UAC*, vol. 10, pp. 156-182, 2017.
- [27] S.B. Allagbé, et S. Zannou, Infrastructures de transport et développement local dans la commune de Glazoué en république du Bénin (Afrique de l'Ouest), *Rev. ANYASA. Univ., Lomé (Togo)*, vol. 1, pp. 24-36, 2014.
- [28] A. Sen, Un nouveau modèle économique. Développement, Justice, Liberté, Paris, Ed. Odile Jacob, 2000.
- [29] A.H.F. Gbaguidi, Les métiers urbains, ciment de la cohésion sociale à Cotonou, *INJOTEL*, Vol. 1, N°08, ISSN 2012-5527, pp. 92-128, 2016.
- [30] A.J Akpaki, T. Vigninou, M.D. Baloubi, Spéculation foncière à la périphérie de Cotonou : cas de l'Arrondissement d'Ekpè, *Revue Climat et développement du Laboratoire Pierre PAGNEY-Climat, Eau, Ecosystème et Développement (LACEEDE/FLASH/UAC/ Bénin)*, vol.12, pp. 64-76, 2011.
- [31] A. Belhai Benazzou, et N. Djelal, La périurbanisation et ses répercussions sur les mutations socio-spatiales à Alger, In *Les marges périurbaines en Tunisie et au Maghreb*, pp. 57-78, 2016.
- [32] G. Pulliat, Etalement urbain et action publique. L'exemple de la Seine-et-Marne. Université de Paris 1-UFR de Géographie, 107 p, 2007.
- [33] N. Agossou, Paradoxes de l'étalement urbain à Porto-Novo : Dynamique démographique et économique vs dynamique foncière, *Les Cahiers d'Outre-Mer. Revue de géographie de Bordeaux* 256, Varia, pp 467-484, 2011.
- [34] INSEE, Les espaces urbains lorrains : entre agglomération et dispersions, Lorraine, N°121-122, 30 p. www.insee.fr/lorraine, 2008.
- [35] Y. Dziwonou, Urbanisation et les aménagements urbains en question. *Rev. CAMES – Série B*, vo l. 03 - W 002, pp. 164-174, 2001.
- [36] CGLU, Co-crée le futur urbain, l'agenda des métropoles, des villes et des territoires, GOLD IV 2016, Quatrième Rapport mondial sur la décentralisation et la démocratie locale, 395 p, 2017.

Formulation et acceptabilité sensorielle d'une farine infantile instantanée moins chère à partir de maïs germé, riz, soja et sésame

[Formulation and sensory acceptance of low cost instant infant formula made from germinated maize, rice, soya beans and sesame]

Sophie Natacha Nina NGONO EYENGA^{1,2}, Maryline MUKORO³, Nina Nindum SULEM YONG^{1,4}, Valtery Audrey VOULA^{1,4}, Brice Hermann SIMO⁵, and Pauline MOUNJOUENPOU¹

¹Laboratoire de technologie agroalimentaire, Institut de Recherche Agricole pour le Développement, BP 2123, Yaoundé, Cameroon

²Département de Biochimie, Université de Yaoundé 1 BP 812, Yaoundé, Cameroon

³Université de Ngaoundéré BP 455, Ngaoundéré, Cameroon

⁴Département de Biologie Animale, Université de Yaoundé 1 BP 812, Yaoundé, Cameroon

⁵Coordination système de production économie et sociologie rurale, Institut de Recherche Agricole pour le Développement, BP 2123, Yaoundé, Cameroon

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Despite the fact that many infant formulas exist, malnutrition is still a problem in Cameroon. According to previous studies, this malnutrition could result from inadequate feed practises, lack of time from parents and the fact that mothers are not involved in the formulation process. The aim of this study is to improve the adoption of locally produced instant formulas by the integration of mothers in the formulation and price determination processes. The methodology adopted is made of formulation of instant formula from germinated maize, rice, soya bean and sesame by wet and dry methods, then the determination of acceptability, purchased intention and psychological price by 50 mothers and wet nurses and finally the evaluation of production cost. The results show that flour produced by wet method with an equal proportion of germinated maize, rice and soya bean have the highest production yield (26%), are the most appreciated and have the highest purchased intention (47%). The production cost of this flour (125 FCFA/30 g of flour) is the lower than the price of instant flour sell in the markets (250 à 300 FCFA/50 g of flour). Moreover, the energy density of the produced flour satisfied Codex Alimentarius requirements in terms of infant formula.

KEYWORDS: energy density, malnutrition, cooking, purchased intention, psychological price.

RESUME: Malgré les multiples formulations d'aliments pour enfants qui existent, la malnutrition infantile reste un problème au Cameroun. D'après des études antérieures, elle résulterait en partie des pratiques alimentaires inadéquates, du manque de temps des parents et de la non-prise en compte de mères dans le processus d'élaboration des formules alimentaires. L'objectif de cette étude est d'améliorer l'adoption des farines infantiles produites localement par l'intégration des mères au processus de formulation et de détermination du prix de l'aliment. La méthodologie adoptée consiste à produire une farine instantanée à partir de maïs germé, de riz, de soja et de sésame par des méthodes sèches et humides, puis d'en déterminer l'acceptabilité, l'intention d'achat et le prix psychologique par 50 mamans et nourrices d'enfants et enfin d'évaluer le coût de production. Les résultats montrent que les farines produites par le procédé humide à partir de mélange en proportions égales de maïs germé,

de riz et de soja ont le rendement le plus élevé (26%), sont les plus appréciées et ont l'intention d'achat la plus élevée (47%). Le coût de production de ces farines (125 FCFA/30 g de farine) est moins élevé que le prix des farines instantanées présentes sur le marché (250 à 300 FCFA/50 g de farine). Par ailleurs, la densité énergétique des farines produites satisfait les exigences du Codex Alimentarius en matière de farine infantiles.

MOTS-CLEFS: densité énergétique, malnutrition, cuisson, intention d'achat, prix psychologique.

1 INTRODUCTION

La malnutrition chez les enfants constitue un problème de santé publique dans le monde et particulièrement dans les pays en voie de développement [1]. Elle contribue à 35% des décès d'enfants de moins de 5 ans en Afrique de l'Ouest et du Centre [2]. Actuellement, un million d'enfants de cette tranche d'âge meurent chaque année dans cette région à cause de la malnutrition [2] et au Cameroun en particulier, ce chiffre est d'environ 45 000 [3]. Parmi les causes de cette situation, on peut citer la pauvreté, le manque de temps des parents ou des personnes en charge de la garde des enfants, le manque de connaissances [4] ainsi que des pratiques d'alimentation de complément souvent inappropriées [5]. Quoique les aliments commerciaux de haute qualité soient occasionnellement disponibles, ils sont souvent chers et par conséquent inaccessibles aux ménages à faibles revenus [6]. Proposer un produit bon marché, facile à préparer et épargnant le temps des mères est donc une priorité [7]. Différentes approches sont nécessaires pour offrir l'opportunité d'alimenter les enfants avec des formules améliorées [6]. Parmi elles, la production à petite échelle d'aliments de complément par la méthode traditionnelle, comme la farine précuite à partir de produits locaux disponibles [8]. Elle constitue en outre un moyen efficace de valorisation des produits agricoles dans les pays en voie de développement [8].

L'aliment de complément est un aliment donné aux nourrissons sous forme de bouillie à partir de l'âge de 6 mois [9]. Il est spécialement conçu pour leur permettre de couvrir leurs besoins nutritionnels car après 6 mois, le lait maternel ne suffit plus à fournir entièrement les besoins nutritionnels du nourrisson en énergie et en protéines [6]. Ces aliments sont souvent préparés à partir de farines de céréales et/ou de tubercules, simples ou combinées avec d'autres ingrédients mais pas souvent de façon adéquate [10]. Les bouillies à base de céréales sont généralement faibles en protéines et sont limitées en certains acides aminés essentiels, particulièrement la lysine et le tryptophane [6]. La supplémentation des céréales avec des légumineuses localement disponibles riches en protéines et lysine, cependant pauvre en acides aminés soufrés augmente la teneur et la qualité des protéines des mélanges céréales-légumineuses [6]. Le maïs, le riz, le soja, le fonio, le niébé, le sorgho, le mil, les arachides, le sésame sont des graines généralement utilisés dans la fabrication des aliments de sevrage. Ceci à cause de leurs disponibilités et de leur présence dans les habitudes alimentaires [11]. Ils sont utilisés seuls ou en combinaison pour satisfaire les besoins en protéines et en énergie des enfants. Les bouillies obtenues sont généralement de consistance épaisse et difficile à avaler pour l'enfant [11]. Les mères sont donc contraintes d'ajouter de l'eau dans la préparation afin de rendre les bouillies plus fluides, réduisant ainsi le taux de matière sèche et par conséquent la densité énergétique des bouillies [10]. Plusieurs travaux ont mis en évidence les techniques permettant d'augmenter la densité énergétique des bouillies. Il s'agit entre autres méthodes de l'ajout d'enzymes, de la germination, de la fermentation, de la cuisson ([11] ; [9];[8]).

L'objectif général de ce travail est de formuler des farines instantanées de moindre coût et acceptables par les mamans, à partir du maïs germé, du riz, du soja et du sésame. Il s'agit spécifiquement de produire les farines à partir des procédés sec et humide, d'en déterminer l'acceptabilité globale, la densité énergétique et le coût de production.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL

Le maïs (*Zea mays*) de couleur jaune, le soja (*Glycine max*) et le riz (*Oryza sativa*) blanc étuvé ont été achetés sur un marché de la ville de Yaoundé tandis que le sésame (*Sesamum indicum*) a été acheté dans un marché de la ville de Ngaoundéré. Le choix de ces matières se justifie par leur disponibilité tout au long de l'année et par leur présence dans les habitudes alimentaires des populations africaines.

Les sachets de polyéthylène basse densité ont été achetés dans un marché de la ville de Yaoundé.

2.2 MÉTHODES

La farine a été produite selon les méthodes de [9] pour la germination et [8] pour la cuisson.

Le maïs germé et le soja détoxifié, ont été divisés en deux lots chacun. Les premiers lots ont été cuits à l'eau et les seconds grillés dans une marmite en fonte. Les lots de maïs et de soja cuits à l'eau ont été ensuite séchés à 50°C jusqu'à poids constant dans une étuve de marque BINDER. Les lots de maïs et de soja séchés obtenus ont été ensachés dans du polyéthylène basse densité en attendant le mélange.

Le riz poli a été trié, lavé puis cuit à l'eau sans sel pendant 45 minutes. Le riz cuit a ensuite été séché à 50°C sur des plateaux en inox dans une étuve à convection d'air forcée pendant 24 heures. Le riz cuit et séché a ensuite été ensaché dans du polyéthylène basse densité en attendant le mélange.

Le sésame quant à lui, a été trié, lavé et grillé dans une marmite en fonte sur feu vif pendant 45 minutes. Il a été refroidit sur des plateaux en inox recouvert d'une fine toile en coton, puis ensaché dans du polyéthylène basse densité et réservé pour le mélange.

2.2.1 FORMULATION DE LA BOUILLIE

Pour mener à bien cette étude, la méthodologie suivante a été adoptée : sept formulations de farines ont été établies en utilisant un rapport (céréales : légumineuses) de 2/3 : 1/3 [9]. Un tiers de légumineuse a été ajouté à un sixième de riz et un sixième de maïs. Le riz et le maïs étaient présents dans des proportions égales (50%). Quant-aux légumineuses, le soja a été remplacé par le sésame dans des proportions 0, 1/3, 2/3 et ½ (tableau 1). Le maïs et le soja cuits à l'eau ont été regroupés pour formuler les farines ainsi que le maïs et le soja torréfiés [8]. Toutes les formulations sont consignées dans le tableau 1.

Tableau 1. Formulation des farines

Traitement	Combinaison	Proportions (%)
T1	BR x BM x BS x Se	33,3% + 33,3% + 11,2% + 22,2%
T2	BR x BM x BS x Se	33,3% + 33,3% + 22,2%+ 11,2%
T3	BR x RM x RS x Se	33,3% + 33,3% + 11,2% + 22,2%
T4	BR x RM x RS x Se	33,3% + 33,3% + 22,2%+ 11,2%
T5	BR x BM x BS x Se	33,3% + 33,3% + 16,7% + 0
T6	BR x BM x BS x Se	33,3% + 33,3% + 16,7% + 16,7%
T7	BR x RM x RS x Se	33,3% + 33,3% + 16,7% + 16,7%

BM: maïs bouilli, BS: soja bouilli, BR: riz bouilli, Se: sésame grillé, RM: maïs grillé, RS: soja grillé, T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7 sont les différents traitements obtenus après le mélange des différentes proportions de céréales et légumineuses.

Les formulations ainsi réalisées ont été moulues, puis tamisées deux fois avec des tamis de 1200 puis 500 µm de diamètre. Les farines ont été ensachées dans du polyéthylène puis stockées dans une armoire à température ambiante. Cette farine a ensuite été soumise à une analyse sensorielle.

2.2.2 DÉTERMINATION DES RENDEMENTS DE PRÉTRAITEMENT ET DE PRODUCTION

Ces rendements ont été calculés en appliquant les formules :

$$R1 = (\text{masse de grains traités} / \text{masse des grains initiaux}) * 100$$

$$R2 = (\text{masse de farine tamisée} / \text{masse des grains avant mouture}) * 100$$

R₁ : rendement de prétraitement des grains

R₂ : rendement de production de la farine

2.2.3 DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN EAU (A.O.A.C., 2005)

Le taux d'humidité a été déterminé selon la méthode [12]. La farine précuite (2g) est placée dans une capsule préalablement pesée et mise à l'étuve (BINDER) à 105 °C jusqu'à poids constant. La teneur en eau est calculée suivant la formule:

$$teneur\ en\ eau = \frac{(P1 - P2) * 100}{P1}$$

2.2.4 ANALYSES SENSORIELLES

La couleur a été déterminée par un colorimètre de marque KONICA MINOLTA, les paramètres a, b et L ont été déterminés.

L'analyse sensorielle a été conduite suivant la méthode modifiée de [6]. Les échantillons de farines donnant les meilleurs rendements de production ont été soumis à un test hédonique par 50 mères et nourrices. Il était demandé aux mères et nourrices de donner leur appréciation de la couleur, de la texture au toucher, en bouche, de l'odeur, du goût, de l'appréciation globale, de la préférence et de leur intention d'achat. Le choix des femmes adultes plutôt que les enfants ciblés a été nécessaire à cause de la capacité de ces dernières à évaluer objectivement les caractéristiques sensorielles des formulations [6]. L'échelle utilisée était une échelle à 5 points allant de je n'aime pas (1) à j'aime énormément (5).

2.2.5 ESTIMATION DE LA DENSITÉ ÉNERGÉTIQUE

La densité énergétique a été estimée en s'appuyant sur les données de [11]. Les suppositions suivantes ont été faites :

La capacité stomacale moyenne d'un garçon de 6 mois a été estimée à 170 mL.

Les besoins énergétiques de ce garçon sont été estimés à 765 Kcal,

L'allaitement maternel couvre 380 Kcal de ces besoins,

Un gramme (01) de farine fournit 4 Kcal d'énergie,

Six grammes de farine ont été dilués dans de l'eau jusqu'à atteindre la consistance jugée convenable par les mères. Les masses d'eau ajoutées ont été relevées pour estimer la densité énergétique. Elle a été calculée par la formule :

$$\text{Densité énergétique} = (\text{masse de farine}) / (\text{masse de la bouillie}) * 4 \text{ Kcal}$$

2.2.6 CALCUL DU COÛT DE PRODUCTION

Le coût de production a été calculé en additionnant les coûts de tous les intrants de la farine de sevrage et en ajoutant le coût de la main d'œuvre directe et de l'emballage. Les éléments ayant permis le calcul du coût de production sont les suivants :

La capacité journalière de production est fixée à 100 kg de farine ;

Les quantités à utiliser sont obtenues en utilisant les rendements de prétraitement des grains et de production de la farine ;

Deux opérateurs suffisent pour la production avec un salaire mensuel de 45 000 FCFA;

Les machines utilisées sont au nombre de trois : cuiseurs vapeur d'une capacité de 10 L, séchoir, foyer à gaz, moulin à marteaux, thermoscelleuse ;

Les consommables utilisés : rouleau de polyéthylène haute densité de 70µm d'épaisseur;

L'amortissement du matériel et des équipements n'ont pas été pris en compte, seules les charges liées à l'énergie ont été intégrées au calcul du coût de production. Le tableau 2 présente le prix unitaire des matières premières et des consommables.

Tableau 2. Prix d'achat des matières premières

Matières premières	Prix unitaire du Kg (FCFA)
Maïs	200
Riz	350
Soja	375
Sésame	1000
Sachet en polyéthylène	1000

2.2.7 ANALYSES STATISTIQUES

Les essais ont été réalisés en triple et les résultats présentés sous la forme de moyenne $\pm$ écart-type. L'analyse de variance et le test de Duncan ont permis de déterminer s'il existait une différence significative entre les échantillons au seuil de 5%.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RENDEMENT DE PRODUCTION DE LA FARINE INSTANTANÉE ET FACILITÉ D'EXTRUSION

Les figures 1 et 2 présentent respectivement les rendements de traitement des matières premières et le rendement de production des sept (07) farines.

Les résultats des traitements des grains montrent que le traitement humide donne des rendements plus élevés que le traitement sec. Le rendement élevé des traitements humides pourrait être dû à la fixation de l'eau sur les granules d'amidon. En effet, le trempage et la cuisson augmentent la teneur en eau des grains. De plus, lors de la gélatinisation de l'amidon, l'eau se fixe de manière irréversible sur les granules d'amidon et en modifie le comportement au séchage [13].

Les rendements de production des farines quant à eux varient entre 7,83% et 26%. La farine sans sésame (T5) ayant le rendement le plus élevé. Le rendement semble lié à la proportion de sésame dans la farine. Plus la proportion de sésame est élevée, plus le rendement est bas. Les formulations T6 et T7 qui possèdent un pourcentage de sésame identique, présentent des rendements de production qui ne sont pas très différents (12,83% et 14,46 %). Ce faible rendement pourrait être dû à l'enrobage de la farine par les graisses du sésame, entraînant ainsi la formation de particules dont la taille est supérieure à celle des pores du tamis.

Outre les rendements de mouture, il a été noté durant les expérimentations que le grillage des grains (maïs ou soja) issus du trempage était fastidieux. Par ailleurs, si l'opération n'était pas bien conduite, les grains brûlaient ou donnaient des couleurs brunes qui assombrissaient la couleur de la bouillie. Par contre, le traitement humide donnait des grains brillants qui conféraient à la farine une couleur brillante.

Au sortir de cette analyse des rendements de production, les formulations ayant les rendements les plus élevés à savoir T2, T4 et T5 ont été retenues pour la suite de l'étude.

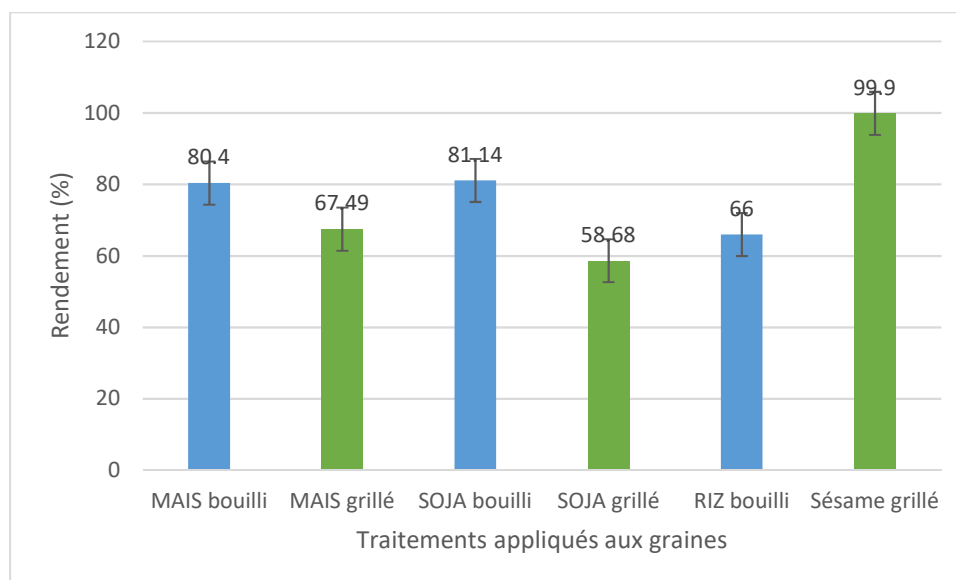


Fig. 1. Rendements des traitements avant mouture (%)

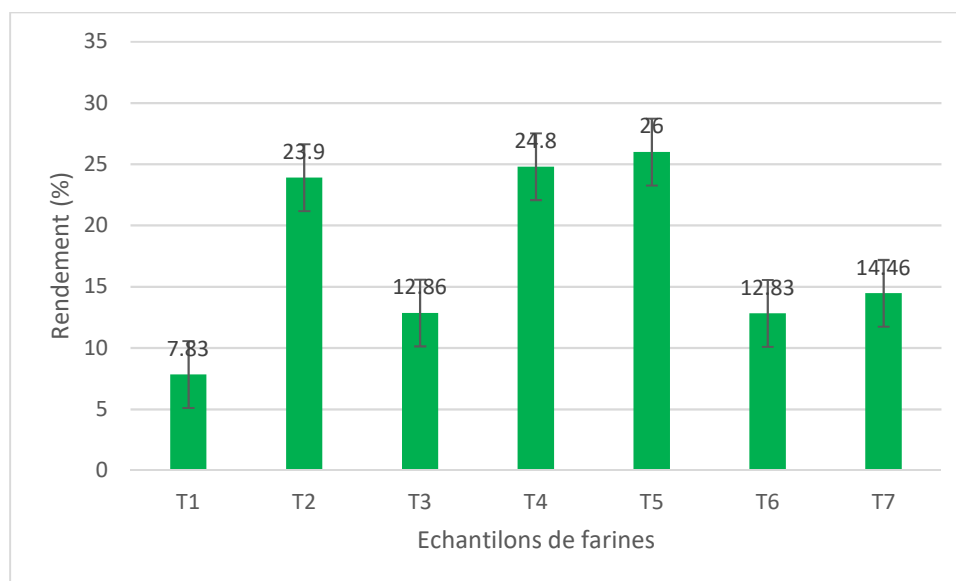


Fig. 2. Rendements de production des farines (%)

3.2 TENEUR EN EAU

Le taux d'humidité de la farine, donc des grains, joue un rôle important dans sa durée de conservation et dans le goût du produit fini. Plus une farine est sèche mieux elle se conserve [8]. La teneur en eau des farines varie entre 5 et 8,7%. Les traitements humides (T2 et T5) ont donné des farines dont le taux d'humidité est plus élevé que celui des farines obtenues par traitement sec. Ces résultats sont similaires à ceux de [8] pour qui les traitements humides donnaient des taux d'humidité élevés. Ce taux d'humidité suggère que les farines produites se conserveraient bien.

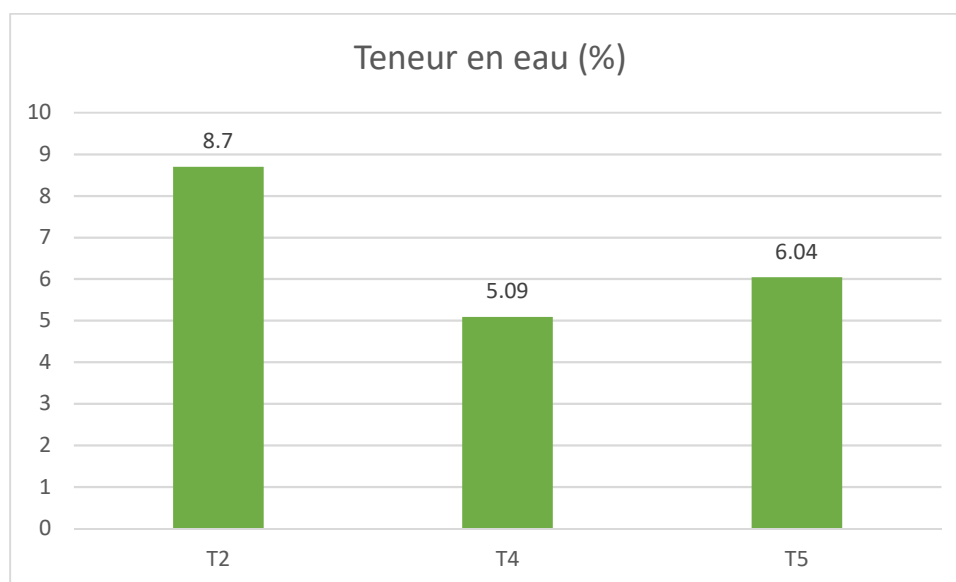


Fig. 3. teneur en eau des farines

3.3 ANALYSES SENSORIELLES

La couleur est une importante propriété physique qui détermine l'acceptabilité des aliments par les consommateurs [14]. Le tableau 4 présente les paramètres de couleur des farines obtenues. L'analyse de la couleur révèle que la méthode de cuisson n'influence pas la couleur des farines. Les paramètres de la couleur ne diffèrent pas significativement ($P \leq 5\%$) d'un traitement

à l'autre. Cependant, le traitement 5 donne une farine de couleur plus claire que les deux autres traitements. Ceci pourrait être dû à l'absence du sésame dont la couleur est brune. Par ailleurs le traitement humide n'entraîne pas un assombrissement de la couleur, comme le traitement sec.

Tableau 3. Paramètres de couleur des farines produites

	T2	T4	T5
a	2,13 ± 0,15 ^a	2,63 ± 0,06 ^a	2,27 ± 0,21 ^a
b	3,53 ± 0,85 ^a	2,43 ± 0,29 ^a	3,6 ± 0,45 ^a
L	35,73 ± 1,80 ^a	35,53 ± 0,40 ^a	37,5 ± 0,53 ^a

L'acceptabilité sensorielle étant une condition essentielle de la consommation des bouillies par les enfants [10], celle-ci a été déterminée. Les résultats des tests hédoniques sont présentés dans le tableau 5. Les paramètres sensoriels évalués à savoir l'aspect visuel, la couleur, l'odeur, la texture au toucher, la texture en bouche et l'acceptabilité globale des formules T2 et T4 ne sont pas significativement différents au seuil de 5%. Par contre, ces paramètres sensoriels sont significativement différents ($p \leq 0,05$) pour la formule T5 qui est exempte de sésame. La farine la plus appréciée est T5, obtenue à partir de maïs germé bouilli, de riz bouilli et de soja bouilli. Cette observation est en accord avec celle de [8] où les traitements humides étaient les plus appréciés. Ces résultats suggèrent que la présence de sésame influence plus la perception sensorielle des farines que les procédés de cuisson.

Le goût est un paramètre important dans l'évaluation sensorielle des aliments. Le produit peut être appétissant et avoir une haute valeur énergétique mais sans bon goût, un tel produit sera inacceptable [6]. En général, les farines instantanées ont été aimées par les mamans et les nourrices avec une appréciation allant de j'aime un peu à j'aime. Elles souhaitaient cependant que la bouillie soit plus sucrée.

Quant à l'odeur, elle a été en général peu appréciée par les mères et les nourrices. Elles trouvaient l'odeur de soja assez présente et dérangeante. Ces résultats sont semblables à ceux de [8] qui a trouvé que les farines issues du procédé sec avaient une odeur de soja très prononcée, probablement due à la présence de composés néoformés durant la torréfaction de ce dernier. L'odeur étant une partie intégrante du goût et de l'acceptabilité globale de l'aliment avant qu'il ne soit introduit dans la bouche, il est par conséquent un paramètre important dans l'acceptabilité globale des aliments formulés [6]. Cependant, elle ne semble pas avoir influencé l'appréciation des bouillies par les mamans.

En ce qui concerne la texture au toucher des bouillies, elle a été aimée par les mamans qui estimaient que la finesse de la bouillie au toucher était appréciable et satisfaisait à leurs attentes. Quant à la texture en bouche, la farine obtenue par le procédé humide sans sésame a été la plus appréciée. Ces résultats sont similaires à ceux de [10].

L'indice d'acceptabilité renseigne sur le degré d'appréciation du produit et donne une orientation quant à la probabilité d'achat du goûteur. T5 présente l'indice le plus élevé tandis que T4 a le plus faible indice d'acceptabilité. Ce qui corrobore les résultats de l'appréciation de la couleur, du goût et des textures en bouche et au toucher.

Tableau 4. Perception sensorielle des bouillies par les mamans et les nourrices

	T2	T4	T5
Aspect visuel	2,62±1,12 ^a	2,68±1,23 ^a	3,12±1,30 ^b
Couleur	2,72±1,18 ^a	2,58±1,25 ^a	3,40±1,27 ^b
Odeur	2,36±1,22 ^a	2,36±1,24 ^a	2,72±1,36 ^b
Texture au toucher	2,96±1,26 ^a	2,86±1,25 ^a	3,46±1,15 ^b
Texture en bouche	2,56±1,21 ^a	2,46±1,33 ^a	3,28±1,26 ^b
Goût	2,42±1,28 ^a	2,20±1,20 ^a	3,24±1,29 ^b
Acceptabilité globale	2,87±1,19 ^a	2,71±1,29 ^a	3,69±1,10 ^b
Préférence	2	3	1

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne ± écart-type ; les moyennes portant les lettres différentes en exposant au sein de la même ligne sont significativement différentes ($P < 0,05$).

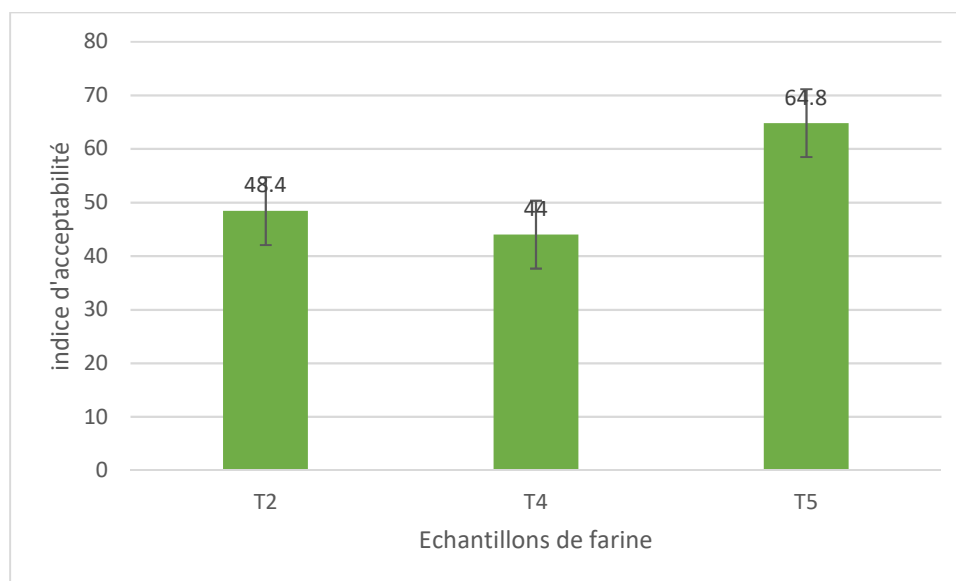


Fig. 4. Indice d'acceptabilité des farines par les mères et nourrices

3.4 ESTIMATION DE LA DENSITÉ ÉNERGÉTIQUE

L'une des préoccupations des mères étant que 30g de farines proposées puissent correspondre à un repas pour leur enfant, l'estimation de la densité énergétique s'est faite sur 30 g de farine. Le tableau 6 présente les masses d'eau ajoutées à 6 grammes de farine pour atteindre la consistance voulue par les mamans ainsi que les densités énergétiques estimées.

Les densités énergétiques des bouillies produites sont comprises entre 80 et 88,88 Kcal pour 100g de bouillie. Ces densités énergétiques sont supérieures aux valeurs de la norme codex pour les préparations pour nourrissons qui sont comprises entre 60 et 70 Kcal/100ml de bouillie [15]. La teneur en matière sèche des farines produites et leur densité énergétique restent cependant inférieures à celle de [9] et [10] qui sont de 120 Kcal/100 mL de bouillie obtenue à partir de farine à cuire. L'ajout de sucre comme suggéré par les mères, pourrait augmenter la densité énergétique des bouillies sans toutefois en augmenter la viscosité. La formule T5 présente néanmoins la densité énergétique la plus élevée. Elle serait donc la plus adaptée pour les enfants.

Tableau 5. Estimation de la densité énergétique des farines produites

	T2	T4	T5
Eau (g) pour 6 g de farine	24,00 ± 1,2	22,00 ± 1,1	21,00 ± 0,5
Matière sèche pour 100 de bouillie (g)	20,00± 0,9	21,43± 1,7	22,22± 0,6
Densité énergétique pour 100 g de bouillie (Kcal)	80,00	85,72	88,88

3.5 CALCUL DU COÛT DE PRODUCTION

Les tableaux 7 et 8 présentent les éléments de calcul du coût de production ainsi que les coûts de production des trois farines étudiées. Le coût de production des farines produites se situent entre 124,95 et 156,17 FCFA respectivement pour la farine T5 et T4. Les farines T2 et T4 seraient les plus chères à cause du nombre d'ingrédients qui les composent d'une part (4) et du rendement de traitement des grains d'autre part. En effet, les traitements secs produisent des farines plus sèches [8] ce qui diminuent le rendement. Les farines proposées peuvent donc être produites à moindre coût, sans grande contrainte, à partir de matières premières locales et être acceptées par les mères et nourrices.

Tableau 6. Éléments de calcul du coût de production

	Cuisson à l'eau			Grillade		
	Maïs	Soja	Riz	Mais	Soja	Sésame
Rendement des traitements avant mouture (%)	80,40	81,14	66,00	67,49	58,68	99,9
Masse de grains traités (g)	157	156	191	507	130	11,21
Coût d'achat des matières premières (FCFA)	31400	46800	66850	101400	48750	11212
Nombre d'heures machine (FCFA)	10	10	10	10	10	3
Coût de traitement pour 100 Kg de grains traités (FCFA)	5000	5000	5000	5000	5000	750
Coût de production pour 100 Kg de grains traités (FCFA)	81400	96800	116850	151400	98750	13462

Tableau 7. Calcul du coût de production des farines

	T2	T4	T5
Rendement mouture	24%	24,80%	26%
Durée de la mouture (h)	1	1	1
Coût de la mouture (FCFA)	1000	1000	1000
Masse de farine produite (Kg)	92,7	96,2	98,3
Coût de production de la farine produite (FCFA)	24 998	27 843	21 961
Coût de l'emballage (FCFA)	1000	1000	1000
Coût de la main d'œuvre (FCFA)	90000	90000	90000
Coût de production global (FCFA)	425 510	500 305	409 011
Coût de production/kg (FCFA)	4590,18	5200,67	4160,84
Coût de production/30g (FCFA)	137,84	156,17	124,95
Prix de 25 g sur le marché (FCFA)	250-300		

L'analyse de l'intention d'achat et du prix psychologique révèlent qu'environ 65% des mères apprécient la farine T5 suivie de la farine T2. 47% des mamans interrogées achèteraient 30 g de farine T5 à 156 F CFA en moyenne. Ce prix est inférieur à celui des farines instantanées vendues sur les marchés (250 à 300 FCFA/50 g de farine). Il permet par ailleurs au producteur de dégager une marge bénéficiaire tout en restant compétitif.

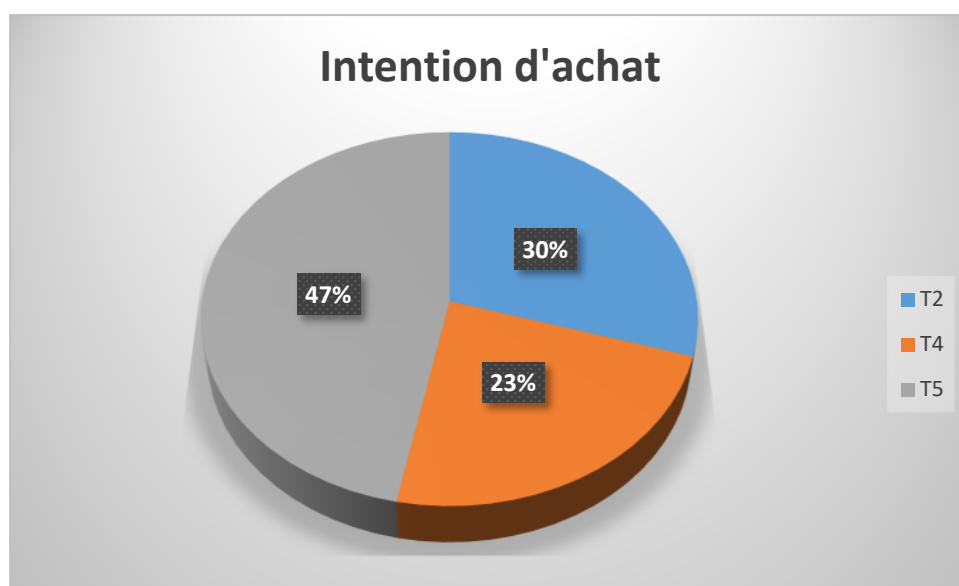


Fig. 5. Intention d'achat des farines

4 CONCLUSION

L'objectif de cette étude était de produire des farines instantanées de moindre coût à partir des matières premières locales en intégrant les mamans au processus d'évaluation sensorielle et de fixation du prix de vente. Lors des expérimentations, les traitements humides des graines ont eu des rendements plus élevés que les traitements secs. Ces derniers ont également donnés des farines dont le taux d'humidité était élevé. Par ailleurs, le profil sensoriel semblait être plus influencé par la présence de sésame que par les traitements subis par les grains. La densité énergétique des farines bien qu'inférieure à la densité recommandée, était néanmoins supérieure à celle recommandée par le Codex Alimentarius. D'autre part, la farine exempte de sésame a été la préférée de toutes les farines produites, elle présentait la densité énergétique plus élevée, le coût de production le moins élevé avec l'intention d'achat la plus élevée. Le coût de production des farines, inférieur au prix psychologique proposé par les mères et aux prix des farines instantanées sur le marché permettrait de soutenir la production de cette farine. Il faudrait cependant évaluer la composition proximale de ces bouillies pour déterminer les proportions des macromolécules et les comparer à celles recommandées par l'OMS et la FAO.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'équipe du laboratoire de technologie agroalimentaire de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Nkolbisson, Cameroun pour sa disponibilité.

REFERENCES

- [1] E.H. Tou, C. Mouquet, I. Rochette, A.S. Traore, S. Trèche and J.P. Guyot, "Effect of three different process combinations (cooking, addition of malt and inoculation by back slopping) on the fermentation kinetics microflora and energy density of "ben –saalga", a pearl millet based fermented gruel from Burkina Faso," *Food Chemistry*, vol. 100, 935-945, 2007.
- [2] UNICEF, "Overview of children in west and central Africa," 2010.
- [3] R. Ponka, E. L. Tchatchoua Nankap, S. Tabot Tambe and E. Fokou, "Composition nutritionnelle de quelques farines infantiles artisanales du CAMEROUN," *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 16, no. 2, pp. 280-292, 2016.
- [4] S. van G et A. van den W, Production Artisanale d'Aliments de Complément. Série Agrodok Cordaid, N° 22, Pays- Bas. 2005.
- [5] R. E. Black, M. Makrides and K. K. Ong, "Complementary Feeding: Building the Foundations of Healthy Life." *Nestlé Nutrition Institute Workshops Series* vol. 87, 2017.
- [6] H. S. Muhimbula, A. Issa-Zacharia and J. Kinabo, "Formulation and sensory evaluation of complementary foods from local, cheap and readily available cereals and legumes in Iringa, Tanzania", *African Journal of Food Science* Vol. 5, no.1, pp. 26 – 31, 2011.
- [7] Sanogo, La production artisanale de farines infantiles : Expériences et procédés. GRET, Paris, 1994.
- [8] F.N. Tshite, V.T. Mulamba et M.J.T. Ndianabo, "Mise au point d'une farine précuite à base de maïs (Zea mays) et de soja (Glycine max) par la méthode traditionnelle," *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol vol.9, no. 6, pp. 2608-2622, 2015.
- [9] A. K. K. A. Amoin, E.A. Adouki, A. G. Dago, A.G. Gbogouri, D. K. Brou et D. Gnakri, "Comparaison des caractéristiques nutritionnelles et rhéologiques des bouillies infantiles préparées par les techniques de germination et de fermentation," *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol.9, no.2, pp. 944-953, 2015.
- [10] N. F. Fogny, E. M. Y. Madode, F.T. F. LALEYE, Y. Amoussou-Lokossou et A. P. P. Kayode, "Formulation de farine de fonio enrichie en ressources alimentaires locales pour l'alimentation complémentaire des jeunes enfants au Bénin," *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol.11, no.6, pp. 2745-2755, 2017.
- [11] S. Trèche, *Les bouillies fluides, bébés bien nourris*, In : Information pour le développement agricole des pays ACP, N°110, 2004.
- [12] AOAC, Official method of analysis of the Association of official Analytical Chemist, 5th ad. AOAC Press, Arlington, Virginia, USA, 2005.
- [13] R. Jeantet, T. Croguennec, P. Schuck et G. Brulé, Sciences des aliments : Biochimie-Microbiologie-Procédés-Produits. Lavoisier France. 2007.
- [14] S. Sahin and S.G.Sumnu, physical properties of foods. Springer USA, 2006.
- [15] CODEX STAN 72 – 1981, norme pour les préparations destinées aux nourrissons et les préparations données à des fins médicales spéciales aux nourrissons. Codex Alimentarius, 2007.

Rupture utérine précoce à l'Hôpital Provincial du Nord Kivu de Goma : A propos d'un cas

[Precocious Uterine Rupture at the North Kivu Provincial Hospital of Goma : A Case Report]

Kyembwa Mulyumba Michel¹, Taji Leki Sosthène², Kahambwe Ekoko Grace¹, Mwetaminawa Sangani Georgette³, Matega Habiragi³, and Katenga Bosunga³

¹Département de Gynécologie-Obstétrique, Faculté de Médecine, Université de Goma, Goma, RD Congo

²Département de Gynécologie-Obstétrique, Faculté de Médecine, Université de Bunia, Bunia, RD Congo

³Département de Gynécologie-Obstétrique, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université de Kisangani, Kisangani, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Background:* Uterine rupture achieves a solution of continuity of the thickness of the wall of the womb. It can be spontaneous or provoked. It can occur during work (most often) or during pregnancy. In all cases, although this occurs in the third trimester of pregnancy, uterine rupture can also occur before this period of gestation, the second trimester of pregnancy. *Case:* A 29-year-old woman, gesture 8, par 8, with a history of in utero death and uterine incision presented a hemoperitoneum picture of a 26-year-old pregnancy. She consulted 8 hours after the sudden onset of severe abdominal pain and metrorrhagia. Uterine rupture was observed during laparotomy, and adequate maternal management was performed.

Conclusion: The occurrence of uterine rupture should be suspected before any hemoperitoneum, hemodynamic instability or metrorrhagia, even before the third trimester of pregnancy. Early diagnosis could improve the fetal-maternal prognosis.

KEYWORDS: Uterine rupture, precocious, Goma.

RÉSUMÉ: *Contexte :* La rupture utérine réalise une solution de continuité de l'épaisseur de la paroi de l'utérus. Elle peut être spontanée ou provoquée. Elle peut survenir pendant le travail (le plus souvent) ou pendant la grossesse. Dans tous les cas, bien que cela s'observe au troisième trimestre de la grossesse, une rupture utérine peut aussi se réaliser avant cette période de gestation, soit au deuxième trimestre de la grossesse.

Cas : Une femme de 29 ans, geste 8, pare 8, avec antécédents de morts in utero et d'incision utérine a présenté un tableau d'hémopéritoine sur une grossesse de 25 SA. Elle a consulté 8h après l'installation brutale d'une vive douleur abdominale et de métrorragies. Une rupture utérine a été constatée lors de la laparotomie, et une prise en charge maternelle adéquate a été réalisée.

Conclusion : La survenue d'une rupture utérine devra être suspectée devant tout tableau d'hémopéritoine, d'instabilité hémodynamique ou de métrorragie, même avant le troisième trimestre de la grossesse. Un diagnostic précoce pourrait améliorer le pronostic fœto- maternel.

MOTS-CLEFS: Rupture utérine, précoce, Goma.

1 INTRODUCTION

La rupture utérine se définit par des solutions de continuité complètes ou incomplètes, non chirurgicales, survenant sur un utérus gravidique, pendant la grossesse ou le travail [1,2].

Elle constitue une complication rare, grave et potentiellement létale pour la mère et son fœtus et doit être évoquée en urgence afin d'assurer une prise en charge optimale [3]. L'incidence est variable selon les pays avec un taux élevé particulièrement dans les pays en développement. Elle varie de 0,25 à 2,33 % [4]. Nous rapportons un cas d'une rupture précoce et complète de l'utérus avant le travail, à 25 semaines et 1 jour d'aménorrhée, avec un antécédent d'utérus deux fois cicatriciel.

2 CAS RAPPORTÉ

Une gestante, âgée de 29 ans, septième pare et huitième geste était admise en urgence le 05 janvier 2018 pour douleur vive, d'installation brutale ressentie depuis environs 8h de temps, de localisation sous-ombilicale, sur une aménorrhée de 25 semaines et 1 jour.

Dans ses antécédents obstétricaux, il y a notion d'avortements tardifs des trois premières grossesses. Et malgré une vie normale en couple, sans pratique de la contraception, la grossesse suivante est survenue sept ans après. Cette quatrième grossesse avait atteint son terme et l'accouchement était par césarienne, en décembre 2011, indiquée pour une présentation transversale. Le nouveau-né avait un poids de 2800g.

Deux accouchements par voie naturelle sur grossesses à terme s'étaient succédés en juillet 2013 (soit 17 mois après la césarienne) et en novembre 2014, avec des poids à la naissance respectivement de 3600 et 2900g. En juillet 2016, elle avait subi sa deuxième césarienne dont l'indication est ignorée. Elle n'a aucun antécédent médical particulier.

Concernant la grossesse actuelle, elle s'était rendue aux séances de CPN en novembre et en décembre 2017 ; le bilan réalisé était sans particularités.

A l'examen physique, on avait noté une altération de l'état général par une agitation, et une attitude alitée active, sans fièvre et sans pâleur des conjonctives palpébrales. La pression artérielle était de 100/60 mmHg, le pouls à 98 battements à la minute et la fréquence respiratoire à 22 cycles par minute. L'abdomen était ballonné, et très sensible à la palpation superficielle. La vulve était propre, le col en postérieur admettant un doigt au Toucher Vaginal ; le cri de douglas était présent et le doigtier était légèrement souillé de sang noirâtre.

Devant ce tableau, le diagnostic d'un épanchement probable de la cavité abdominale avait été retenu. L'échographie réalisée en urgence avait confirmé l'épanchement avec un fœtus dont le rythme du cœur fœtal était extrêmement ralenti (32/minutes). La ponction du douglas avait été réalisée pour déterminer la nature de l'épanchement, et avait ramené du sang non coagulable, ce qui avait confirmé la présence d'un hémopéritoine.

Une laparotomie avait été indiquée et réalisée en urgence après un bilan biologique pré-opératoire (Groupe Sanguin O rhésus positif, Taux d'hémoglobine 11g/dl, Hématocrite 39%, Temps de saignement 2 minutes et 30 secondes, Temps de coagulation 4 minutes et 11 secondes).

Au cours de l'intervention chirurgicale, un hémopéritoine important et la présence du fœtus dans la cavité péritonéale étaient constatés. Le placenta relié au fœtus mort, par le cordon ombilical était déjà décollé, mais logé dans la cavité utérine. Il n'y avait pas de caillot sanguin rétroplacentaire ni des ecchymoses sur l'utérus. La rupture spontanée était transversale basse, limitée à la face antérieure de l'utérus. Le fœtus, de sexe masculin avait un poids de 700g et le placenta avait pesé 130g.

Après aspiration du sang d'épanchement, suivi du retrait du fœtus et du placenta de la cavité péritonéale, une hystérorraphie avait été réalisée suivie d'une ligature tubaire bilatérale, choix de la patiente et de son mari qui n'avaient pas adhéré à la proposition d'une hystérectomie. Les pertes sanguines avaient été estimées à 800 millilitres. Le reste de l'intervention s'était bien déroulé, la patiente avait bénéficié d'une poche de sang isogroupe, isorhésus, compatible et testé suite à une baisse de la pression artérielle. Les suites post-opératoires étaient simples.

3 DISCUSSION

La rupture utérine spontanée à un âge gestationnel de 25 semaines et 1 jour, en dehors du travail d'accouchement ou d'un traumatisme direct sur l'abdomen est assez rare dans la littérature. Pour ce cas, le tableau d'une rupture utérine était classique

mais il était difficile voire impossible d'y penser à cet âge gestationnel (confirmé par l'échographie) et en l'absence des signes de travail.

Notre patiente était âgée de 29 ans. Shipp et al [5] ont montré dans une étude rétrospective que le risque de rupture utérine était plus élevé chez les femmes âgées de plus de 30 ans.

Les principaux diagnostics différentiels obstétricaux à évoquer sont multiples. Quelques soit l'étiologie évoquée, la laparotomie demeure la seule alternative devant être réalisée en urgence et qui apportera le diagnostic de certitude [3]. Cette attitude a concerné notre cas.

Pour ce cas rapporté, la rupture utérine s'est réalisée au deuxième trimestre de la grossesse, en dehors du travail d'accouchement, après un espace intergénéstique de 20 mois. Pendant que l'histoire nous signale une naissance par voie naturelle sans complication obstétricale d'un nouveau-né de 3600g, 17 mois après la première césarienne. Cependant, la littérature définit l'utérus cicatriciel comme un facteur de risque majeur de la rupture utérine spontanée en cas d'un espace intergénéstique court, inférieur à une année, généralement au troisième de la grossesse [6].

Contrairement à notre cas, beaucoup d'études rapportent que la majorité des cas de rupture utérine étaient observés en fin de grossesse ou pendant le travail d'accouchement [7,8]. Quant à la précocité de la rupture utérine, il a été signalé à propos d'un cas rapporté par Sanaa et al, sur une aménorrhée de 12 semaines, que l'exploration avait révélé un utérus bicorné avec héli utérus droit rompu au niveau du fond [9]. Notre cas n'a pas signalé la présence d'une malformation en cours de l'intervention chirurgicale.

Concernant la parité, des auteurs ont rapporté une augmentation de la fréquence de la rupture utérine à partir d'une parité supérieure ou égale à 3 [1,10]. Ce qui a été observé pour notre cas.



**Fig. 1. Incision utérine spontanée
(Image du constat per opératoire)**



Fig. 2. *Nouveau-né fraîchement mort*

4 CONCLUSION

Les cas de rupture spontanée précoce de l'utérus ne sont pas suffisamment documentés, en dehors de quelques-uns survenant généralement sur les utérus malformés. Il serait prudent d'y penser devant toute symptomatologie en sa faveur, quelque soit l'âge gestationnel, afin d'adopter une attitude adéquate pour une meilleure prise en charge.

CONFLITS D'INTÉRÊTS

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Tous les auteurs ont contribué à la conduite de cette étude et ont lu et approuvé la version finale du manuscrit.

REFERENCES

- [1] Kouakou P, Djanhan Y, Doumbia Y, Djanhan L, Ouattara M. Les ruptures utérines: aspects épidémiologiques et pronostic fœto - maternel à la maternité du CHU de Bouaké (Côte d'Ivoire) Rev. CAMES- Série A, Vol. 0-5,2007
- [2] O. Parant Rupture utérine : prédiction, diagnostic et prise en charge. Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction (2012) 41, 803-816.
- [3] Fatfouta I., Villeroy de Galhau S., Dietsch J., Eicher E., Perrin D. Rupture utérine spontanée sur utérus sain pendant le travail : à propos d'un cas et revue de la littérature. Jpournal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction. Elsevier, 2008, 37, 200-203.
- [4] Randriambelomanana JA, Botolahy ZA, Harimiandatsoa T, Heriniaina SA, Rakotoarijaona A, Andrianampanalinarivo HR. Ruptures utérines : Étude de 57 cas vus au Centre Hospitalier Universitaire de Toamasina Madagascar. Rev Anesth-Réanim Méd Urg 2010;2(3):4-6.
- [5] Shipp TD, zelop C, Repke JT, et al. The association of maternal age and symptomatic uterine rupture during a trial of labor after prior cesarean delivery. Obstetrics & Gynecology. 2002;99:585-588.
- [6] Kaczmarczyk M, Sparen P, Terry P, et al. Risk factors for uterine rupture and neonatal consequences of uterine rupture: a population-based study of successive pregnancies in Sweden. BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology. 2007;114(10):1208-1214.
- [7] Bretones S, Cousin C, Gualandi M, Mellier G. Rupture utérine. J Gynecol Obstet Biol Reprod 1997; 26: 324-7].
- [8] Wang YL, Su TH. Obstetric uterin rupture of the unscarred uterus: a twenty-year clinical analysis. Gynecol Obstet invest 2006 ; 62:131-5
- [9] Sanaa I, Karima K, Sakher M, Houssine B, Naima. Rupture utérine sur utérus bicorne à 12 semaines d'aménorrhée: à propos d'un cas. Pan African Medical Journal. 2016.
- [10] Vangeenderhuysen C, Suidi A. Rupture utérine sur utérus gravide : étude d'une série continue de 63 cas à la maternité de Niamey (Niger). Med Trop 2002;62:615-18.

Prévalence, complications et issue des avortements clandestins dans la ville de Kisangani en République Démocratique du Congo

Mwetaminwa Sangani Georgette¹, Kyembwa Mulyumba Miche², Taji Leki Sosthène³, Asimwe Asaba Alain¹, Manga Okenge Pascal¹, and Katenga Bosunga Gédeon¹

¹Département de Gynécologie-Obstétrique, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université de Kisangani, Kisangani, RD Congo

²Département de Gynécologie-Obstétrique, Faculté de Médecine, Université de Goma, Goma, RD Congo

³Département de Gynécologie-Obstétrique, Faculté de Médecine, Université de Bunia, Bunia, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Introduction:* Induced abortion remains a scourge in Africa where it exposes women to serious or life-threatening complications. Unplanned and unwanted pregnancies result in clandestine abortions carried out under unsuitable conditions. The purpose of this work was to study the prevalence, complications and outcome of clandestine abortions in the city of Kisangani in the Democratic Republic of Congo.

Methods: This was a descriptive, cross-sectional study. The data collection was retrospective, for the period from 1 January 2013 to 31 December 2016, and involved 63 cases of clandestine abortions followed in two general referral hospitals and at Kisangani University Clinics.

Results: The prevalence of clandestine abortions was 8.4%. These abortions were more prevalent among women aged 16 to 25 (61.9%), single women (85.7%) and those at the secondary level (49.2%). The pattern of admission was dominated by genital bleeding associated with pelvic pain (71.4%). This practice was more performed between 4 and 8 weeks of amenorrhea (58.7%), at home (63.5%), with Misoprostol (61.9%) and for reasons of unwanted pregnancy (44.4%). Management was medical in 71.4% of cases, anemia was the most observed complication (73.0%) and 8 cases of death were recorded (12.7%).

Conclusion: Clandestine abortion is a real public health problem in Kisangani. The only way to avoid the harmful consequences of maternal deaths is to make the population aware of the danger of this practice, which is illegal in our country, through the activities of the National Reproductive Health Program.

KEYWORDS: prevalence, outcome, complication, abortion, clandestine, Kisangani.

RESUME: *Introduction:* L'avortement provoqué demeure un fléau en Afrique où il expose les femmes à des complications graves voire mortelles. Les grossesses non planifiées et non désirées conduisent aux avortements clandestins effectués dans des conditions non appropriées. Ce travail avait pour objectif d'étudier la prévalence, les complications et l'issue des avortements clandestins dans la ville de Kisangani en République Démocratique du Congo.

Méthodes: Il s'est agi d'une étude descriptive, transversale. Le recueil des données était rétrospectif, pour la période du 1er janvier 2013 au 31 décembre 2016, et a concerné 63 cas d'avortements clandestins suivis dans deux hôpitaux généraux de Référence et aux Cliniques Universitaires de Kisangani.

Résultats: La prévalence des avortements clandestins était de 8,4%. Ces avortements étaient plus pratiqués chez les patientes âgées de 16 à 25 ans (61,9%), les célibataires (85,7%) et celles du niveau d'étude secondaire (49,2%). Le motif d'admission était dominé par l'hémorragie génitale associée à la douleur pelvienne (71,4%). Cette pratique était plus réalisée entre 4 et 8 semaines d'aménorrhée (58,7%), à domicile (63,5%), par le Misoprostol (61,9%) et pour motif de grossesse non désirée (44,4%). La prise en charge était médicale dans 71,4% de cas, l'anémie était la complication la plus observée (73,0%) et 8 cas de décès étaient enregistrés (12,7%).

Conclusion: L'avortement clandestin constitue un réel problème de santé publique à Kisangani. Le seul moyen d'éviter les conséquences néfastes allant jusqu'aux décès maternels reste la sensibilisation de la population sur le danger de cette pratique, illégale dans notre pays, à travers les activités du programme national de la santé de reproduction.

MOTS-CLEFS: prévalence, issue, complication, avortement, clandestin, Kisangani.

1 INTRODUCTION

L'avortement provoqué reste et demeure un mal ubiquitaire [1]. L'avortement non médicalisé est un fléau dans le monde entier notamment en Afrique où il constitue un marché lucratif pour les tradipraticiens qui exposent les femmes à des complications graves voire mortelles [2].

Selon un récent rapport de l'OMS, 910 000 conceptions ont lieu chaque jour dont 50% sont non planifiées et 25% non voulues. Et 53 000 000 de grossesses sont interrompues chaque année ; puis un tiers de ces avortements sont effectués dans des conditions non sécuritaires et par des personnes non qualifiées ou dans un environnement non conforme aux standards médicaux minimum, avec environ 50 000 à 100 000 décès par an [3].

Par ailleurs, plus ou moins 47 000 décès liés directement aux avortements provoqués sont déplorés ; puis 5 millions de femmes souffrent de complications après l'acte, telles que des hémorragies ou des infections voire des septicémies. Ainsi, les avortements non sécurisés sont l'une des causes de mortalité maternelle les plus inévitables. Cette mortalité était estimée à 17% de décès maternels en 2008 et ces décès étaient liés aux causes telles que hémorragies, infections, septicémies, empoisonnement dus à la consommation de plantes ou médicaments abortifs et perforation utérine ou intestinale [4].

En Europe où l'avortement est généralement admis dans de nombreuses circonstances, on enregistre le taux sous régional le moins élevé, soit 12 pour mille en Europe de l'Ouest et le taux le plus élevé en Europe de l'Est avec 43 pour mille. En France, en dépit d'une diffusion massive de la contraception médicale (pilule, stérilet), le recours à l'interruption volontaire de la grossesse est resté étonnement stable depuis 1975 dont le taux oscille autour de 14 avortements annuels pour mille femmes de 15 à 49 ans, soit environ 200 000 avortements chaque année. Mais dans le deux tiers des cas il s'agit des avortements pratiqués chez des femmes qui utilisent un moyen contraceptif en raison d'un échec de la méthode dans 19% des cas et suite à son utilisation incorrecte dans 46% des cas [5].

De même qu'en Amérique latine, les taux sous régionaux des avortements provoqués pratiqués varient de 29 pour mille en Mexique, 32 pour mille en Amérique du sud et 39 pour mille aux caraïbes. Les caraïbes (Cuba, où l'avortement est généralement médicalisé) présentent la moindre proportion de procédures non médicalisées de la région avec 46% par rapport à près de 100% en Amérique centrale et du sud [6].

L'OMS estime qu'en Asie les taux d'avortement sont restés stables dans toutes les sous régions entre 2003 et 2008 où ils ont varié entre 26 pour mille en Asie centrale et du sud et 36 pour mille en Asie du Sud – Est [7].

En outre, l'Afrique rassemble 17% de la population féminine en âge de procréer dans le monde, mais représente à elle seule la moitié de la mortalité due à l'avortement provoqué du monde. Dans beaucoup de pays africains, les conditions d'accès à l'avortement sont très restreintes et on estime que 99% de ces derniers sont faits illégalement et constituent un véritable fléau social, car on a que des morts chaque année, des dizaines de milliers de femmes stériles, sans oublier des infirmes et des mutilées. C'est une pratique qui prend des allures endémiques et sérieusement inquiétantes [8].

L'étude publiée par Ouattara et al en 2014 révèle qu'en Afrique, en dehors de RSA, du Cap-Vert, de la Tunisie et de la Zambie où les avortements sont autorisés, plus de 300 000 filles meurent en silence chaque année suite aux avortements clandestins, notamment à cause des lois très restrictives qui répriment l'avortement. Cette même étude ajoute que 20 millions d'avortements à risque se sont pratiqués dont la majorité de cas étaient enregistrés en Afrique de l'Est où le taux est de 1 700 000 avortements et en Afrique de l'ouest où ce dernier était de 1 200 000 avortements [9].

L'avortement clandestin ou « criminel » est devenu un phénomène de la société congolaise qui ne devrait plus se voiler la face à propos de la réponse à y donner, selon des activistes de défense des droits humains. A Kinshasa, capitale de la République Démocratique du Congo, à Bukavu, chef-lieu de la province du Sud-Kivu, dans l'est du pays, ainsi qu'à Kikwit, principale ville du Bandundu, dans le sud-ouest du pays, les chiffres sont inquiétants. Pour le seul mois de mars 2009, « plus de 20 cas d'avortements clandestins suivis d'abandons de fœtus ou de bébés dans des égouts et les rues de Kinshasa » ont été rapportés, diffusés sur la télévision nationale et relayée par plusieurs chaînes privées du pays [10].

A Kisangani, en République démocratique du Congo, peu d'études ont été réalisées sur la pratique de l'avortement en raison de son caractère illégal, de sa perception sociale et de son interdiction par plusieurs confessions religieuses, ce qui explique l'absence de statistiques récentes. Nous nous sommes alors interrogé sur la question de savoir quel est l'état de lieux de ce problème et quel est la lourde conséquence de celui-ci dans notre pays en général et à Kisangani en particulier.

L'objectif de ce travail était d'étudier la prévalence, les complications et l'issue des avortements clandestins à Kisangani en République Démocratique du Congo.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Il s'est agi d'une étude descriptive, et transversale avec un recueil rétrospectif des données, conduite dans la ville de Kisangani, chef-lieu de la province de la Tshopo en République Démocratique du Congo. Les deux des hôpitaux généraux de référence (HGR) de Kisangani à savoir l'HGR de Makiso /Kisangani et l'HGR de Kabondo ainsi que les Cliniques universitaires de Kisangani ont principalement servi de cadre de cette étude.

Durant la période retenue pour cette étude, soit du 01 janvier 2013 au 31 décembre 2016, 753 avortements réalisés étaient enregistrés, parmi lesquels 63 cas d'avortement provoqué.

Etaient inclus, tous les cas dont les dossiers contenaient un maximum d'informations recherchées pour notre étude. Etaient non inclus, les avortements thérapeutiques réalisés pour l'intérêt maternel, soit de cas.

Pour récolter nos données, nous avons recouru aux dossiers des malades et aux registres d'hospitalisation. Ce qui nous a permis de compléter les fiches préalablement établies comprenant les renseignements suivants : l'âge, l'état-civil et le niveau d'étude de la patiente, le motif d'admission, l'âge de la grossesse en semaines d'aménorrhée (SA), le lieu de l'acte abortif, la procédure utilisée, le motif de l'avortement, la prise en charge, les complications et l'issue de la patiente. L'étude a consisté à la détermination de la fréquence par le calcul de la moyenne arithmétique et du pourcentage.

3 RÉSULTATS

3.1 PRÉVALENCE

Pour cette étude, la prévalence des avortements provoqués à Kisangani était de 8,4%. Durant la période d'étude, 63 cas d'avortements provoqués étaient enregistrés sur l'ensemble des avortements, soit 753.

3.2 DONNÉES SOCIODÉMOGRAPHIQUES DES PATIENTES

Tableau 1. Données sociodémographiques des patientes

Données	Effectif (n=63)	Pourcentage
Tranche d'âge (ans)		
< 16	3	4,8
16-25	39	61,9
26-35	18	28,6
> 35	3	4,8
Etat civil		
Célibataires	54	85,7
Mariées	9	14,3
Niveau d'étude		
Analphabète	10	15,9
Secondaire	31	49,2
Universitaire	22	34,9

Il ressort de l'analyse de ce tableau I que les patientes de la tranche d'âge de 16 à 25 ans, les célibataires et celles du niveau d'étude secondaire sont majoritaires.

3.3 DONNÉES ANAMNESTIQUES DES PATIENTES

Tableau 2. *Données anamnestiques des patientes*

Données	Effectif (n=63)	Pourcentage
Motif d'admission		
Hémorragie+algie pelvienne	45	71,4
Fièvre + leucorrhées	9	14,3
Algie pelvienne	7	11,1
Coma + hémorragie	2	3,2
Age de la grossesse (SA)		
< 4	5	7,9
4 à 8	37	58,7
> 8	21	33,3
Lieu de l'avortement		
Domicile de la patiente	40	63,5
Autres structures	21	33,3
Hôpital général	2	3,2
Procédure utilisée		
Utérotonique (Misoprostol)	39	61,9
Curetage clandestin	20	31,7
Décoctions traditionnelles	4	6,3
Motif de l'avortement		
Grossesse non désirée	28	44,4
Poursuite des études	21	33,3
Crainte des parents	12	19
Maladie	2	3,2

L'analyse du tableau II montre une prédominance des avortements provoqués chez les patientes admises pour hémorragie génitale associée à une douleur abdominale, et chez celles dont l'âge gestationnel est de 4 et 8 semaines d'aménorrhée (SA). Dans la majorité des cas, ces avortements ont été réalisés à domicile, par la prise de Misoprostol et pour raison de vouloir poursuivre les études.

3.4 DONNÉES THÉRAPEUTIQUES ET ÉVOLUTIVES

Tableau 3. *Données thérapeutiques et évolutives*

Données	Effectif (n=63)	Pourcentage
Prise en charge		
Médicale	45	71,4
Instrumentale (Révision utérine)	17	27,0
Chirurgicale	1	1,6
Complications		
Anémie	46	73,0
Septicémie	9	14,3
Algie pelvienne	6	9,5
Perforation utérine	2	3,2
Issue maternelle		
Guérison	55	87,3
Décès	8	12,7

Le tableau III montre que la prise en charge médicale était la plus fréquente par rapport à la révision utérine et l'unique intervention chirurgicale réalisée. Les complications étaient dominées par une anémie décompensée suivie de la septicémie, des décès maternels ont été enregistrés.

4 DISCUSSION

La prévalence des avortements provoqués clandestinement était de 8,4% pour la période de notre étude. Ce résultat peut se justifier par le fait que la loi congolaise réprime sévèrement l'avortement provoqué.

Les résultats similaires ont été trouvés dans les études menées au Cameroun en 2010 par Takengmo et al [11] et par Bankole et al en Côte d'Ivoire [12].

La tranche d'âge de 16-25 ans était plus concernée avec une fréquence de 61,2%. Plus généralement, concernant les avortements clandestins, la tranche allant de 19 à 25 ans est la plus relevée par les études africaines [13, 14, 15]. L'avortement concerne toutes les tranches d'âge et particulièrement les femmes les plus actives sexuellement. Ce constat avait été fait par Barrère [16]. Dans notre cas, ce taux peut s'expliquer par une précocité des rapports sexuels qui expose les jeunes filles aux grossesses non désirées et cela suite au manque d'information suffisante sur la sexualité ainsi qu'au niveau socio-économique bas et cela, juste pour subvenir aux besoins matériels de la vie.

Il découle de notre étude que les femmes qui ont le plus provoqué des avortements étaient des célibataires avec un taux de 85,7% de cas. Joseph Béné Bi Vroh et ses collaborateurs en Côte d'Ivoire ont trouvé que la majorité des femmes pratiquant l'avortement clandestin était non scolarisée dans 36,8 % de cas et célibataires, soit 58,9 % de cas [17]. Nos résultats concordent avec ceux de Danielle [18] à Yaoundé qui avait trouvé la fréquence de 75% chez les célibataires et ceux trouvés par NGWE à Yaoundé en 2003 [19] avec 85,01% qui stipule que ce soit la honte et la peur d'avoir un enfant hors mariage que ressentent les jeunes célibataires qui serait à la base de ce fort taux.

Le taux d'avortement était plus élevé chez les femmes de niveau secondaire et universitaire avec respectivement 49,2% et 34,9%. Certaines études ont prouvé que la probabilité d'avoir avorté dépend du niveau d'instruction de la femme. En effet, plus ce niveau est élevé plus la probabilité qu'elle avorte augmente. Ce fait a été remarqué au Togo et en Côte d'Ivoire où 48,1 % des femmes ayant le niveau secondaire ou plus ont déclaré avoir avorté au moins une fois [20,21]. A Kisangani, le taux élevé observé chez les jeunes filles fréquentant l'école et l'université peut s'expliquer par l'affirmation de Calves au Cameroun en 2004 [22], qui stipule que le désir de rester à l'école est l'une des principales raisons mentionnées par les femmes africaines pour justifier les avortements provoqués. Le résultat obtenu dans notre travail démontre que 44,4% d'avortements provoqués ont été réalisés dans le souci de poursuivre les études. Omar Laghzaoui au Maroc en 2014 [2] avait montré que 74,9% de femmes jeunes ne désiraient pas la grossesse par peur du jugement social et de perdre leur scolarité. Ce résultat rejoint celui trouvé par Labama en 2005 [23] selon lequel le motif d'avortement majeur évoqué par les femmes était la poursuite des études estimée à 50%. Il en est de même pour Calves en 2004 [22] qui a démontré dans son étude que le taux d'avortement est particulièrement élevé chez les filles qui fréquentent l'école et le désir d'y rester est l'une des principales raisons mentionnées par les femmes africaines pour justifier leur avortement.

L'âge gestationnel des grossesses interrompues a varié entre 4-8 semaines d'aménorrhées avec un taux de 58,7%. Des résultats identiques ont été trouvés par Touré avec 62,4% [24]. Les risques liés à l'avortement provoqué sont fonction de l'âge gestationnel et dans les pays où l'avortement est autorisé, l'âge gestationnel de 12 SA est rarement dépassé.

Pour notre étude, ce résultat se justifierait par le fait que c'est à partir de la cinquième semaine qu'une aménorrhée devient inquiétante chez une femme sexuellement active et entraîne une suspicion de la grossesse. Ainsi, comme la femme a l'intention de cacher sa grossesse, elle préfère l'interrompre avant que les signes ne soient visibles.

Nous avons constaté que 63,39% d'avortements étaient réalisés à domicile des patientes et en grande partie, elles ont utilisé les produits pharmaceutiques à savoir le Misoprostol procuré dans des pharmacies où il est à la portée de toutes les bourses et se vend souvent sans ordonnance médicale. Nos résultats concordent avec ceux d'Omar Laghzaoui au Maroc [2] qui avait trouvé la fréquence de 65,41% d'avortements à domicile. Par contre Traoré [5] à Bamako a rapporté un taux de 45,4% de curetage.

Ce taux croissant d'avortement provoqué à domicile peut s'expliquer dans notre étude par une interdiction formelle d'avortement provoqué et sa répression par la législation congolaise.

Comme complications, nous avons relevé les hémorragies associées aux algies pelviennes dans 71,4% de cas. Nos résultats concordent avec ceux trouvés par Ngwé au Cameroun [19], Djo et al au Gabon [25] et Akinlusi et al en 2018 au Nigeria [27] qui ont trouvé une proportion importante de l'hémorragie comme motif de consultation.

Le recours à une prise en charge médicale était réalisé dans 79,4% des cas. Cette fréquence peut se justifier par le fait que la majorité des cas qui se présentaient en consultation étaient des hémorragies compliquées d'infection. Ainsi, en cas

d'infection on prescrit des antibiotiques et en cas d'hémorragie compliquée d'anémie on procède à une transfusion de sang iso groupe et iso rhésus, compatible et testé.

Ces résultats sont semblables à ceux trouvés par Chako à Bukavu [10] et par Koly au Dakar [26]. Selon ces derniers, les complications des avortements provoqués sont prises en charge médicalement.

Sur 63 patientes, huit étaient décédées suite à une perforation ou une septicémie avec une fréquence de 12,7%. Dans notre cas, ce taux élevé de décès peut se justifier par le fait que certaines femmes arrivent à l'hôpital dans un tableau déjà compliqué parce qu'elles camouflent leur état par peur du jugement de la société.

5 CONCLUSION

L'avortement clandestin constitue un réel problème de santé publique à Kisangani. Huit cas de décès ont été répertoriés durant notre période d'étude.

La sensibilisation de la population sur le danger qui guette l'interruption volontaire de la grossesse et sur ses conséquences néfastes allant jusqu'aux pertes de vies humaines et à la stérilité secondaire reste le seul moyen qui pourrait contribuer à la baisse de cette pratique considérée même comme illégale dans notre pays. La sexualité responsable pour les célibataires et le planning familial pour les mariés seraient indispensables pour y arriver.

CONFLITS D'INTÉRÊTS

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Tous les auteurs ont apporté leur contribution à la réalisation de cette étude et ont lu et approuvé la version finale du manuscrit.

REFERENCES

- [1] Sontach ZFE : avortement provoqué. Société nationale pour l'étude de la stérilité et de la fécondité, Masson et CIE, 2010, 618.
- [2] Omar Laghzaoui, Avortements médicalisés : état des lieux à travers une étude rétrospective de 451cas traités à l'hôpital militaire d'instruction Moulay Ismail, 2015.
- [3] OMS, FNUAP, UNICEF, Banque mondiale : réduire la mortalité maternelle, Genève, 2005,45p.
- [4] Sedgh G., Singh S., Shah I. H., Åhman E., Henshaw S. K., Bankole A., , "Induced abortion: incidence and trends worldwide from 1995 to 2008", 2012, 379(9816),p. 625-632.
- [5] Traoré A.K : Les avortements à risque au centre de santé de Référence de la commune V de Bamako de mai 2001 à Mai 2003 à propos de 134 cas. Thèse, Med, Bamako, 2004, n° 8; 77P.
- [6] ANAES, prise en charge de l'interruption volontaire de la grossesse, Paris, 2001.
- [7] OMS, recours à l'avortement en Afrique, 2005.
- [8] OMS, Avortement sécurisé : directives techniques et stratégies à l'intention des systèmes de santé ,2eme édition, 2013.
- [9] Ouattara A., Ouedraogo A., Ouedraogo C.M., Lankoande J., l'avortement clandestin dans les pays à restriction légale sur les avortements, UFR/SDS de l'université de Ouagadougou, 2014.
- [10] Emmanuel Chako, regard sur les avortements clandestins en République Démocratique du Congo, www.google.com, consulté en date du 1/12/2017.
- [11] TAKENGMO, et al. Complications chirurgicales des avortements clandestins à propos de 51 cas observés dans deux hôpitaux de Yaoundé clin mother child health 2010.
- [12] BANKOLE, et al. Reasons why woman have induced abortions: evidence from 27 countries. International family planning perspectives 24, 2010, 117-127.
- [13] ANDRIAMADY RCL, RAKOTOARISOA, RANJALAHY RJ &FIDISON A – Les cas d'avortements à la maternité de Befelatanana au cours de l'année 1997. ArchInst Pasteur Madagascar,1999, 65, 90-92.
- [14] BUAMBO-BAMANGA SF, EKOUNDZOLA JR & MASSENGO R. Complications chirurgicales des avortements provoqués clandestins au CHU de Brazzaville. Méd Afr Noire, 2005, 52,139-144.

- [15] GANDZIEN PC & EKOUNDZOLA JR – Les avortements provoqués à l’hôpital de base de Talangai. Méd Afr Noire, 2004,51, 288-290.
- [16] BARRERE M – Avortement. Enquête Démographique et de santé Gabon 2000. DGSEE, ORC Macro. Maryland: Calverton Publishers, 2001.
- [17] Joseph B. et al, Epidémiologie des avortements provoqués en Côte d’Ivoire, Santé publique 2012, volume 24, Hors-Série, Avril-Mai, pp. 67-76.
- [18] Danielle Victoire Tiako, Kamga, Philip Njotang, Nana et Jeanne Hortence Fouedjio Contribution des avortements et des grossesses extra-utérines dans la mortalité maternelle dans trois hôpitaux universitaires de Yaoundé, 2016
- [19] NGWE, et al. Connaissances, attitudes et pratiques relatives à l’avortement à Yaoundé et Douala, CCRA, ALVF, 2005, p 86
- [20] Lambert KA. Recours à l’avortement provoqué en milieu scolaire au Togo : Mesure et facteurs du phénomène. Paper présenté au Séminaire. La Santé de la Reproduction en Afrique, November 1999, Ensea/IRD.
- [21] Desgrées du Loû A, Misellati P, Viho I, Welffens-Ekra C. Le recours à l’avortement provoqué à Abidjan : Une cause de la baisse de la fécondité ? Population 1999;54(3):427-46.
- [22] CALVES A. E., Abortion risk and decision making among young people urban, studies in family planning, Cameroun, 2004
- [23] LABAMA L., Obstétrique de praticien, presse universitaire de Kisangani, Kisangani, 2005.
- [24] Touré Cheick A.S : Amélioration de la qualité des soins après avortement par la technique d’AMIU au CS Réf C V. Thèse, Med, Bamako, 2008, n° 471; 73P.
- [25] DJO MVE D., Pauvreté et fécondité des femmes en Afrique subsaharienne : cas de Gabon, mémoire de DESSD, IFORD, Togo, 2004.
- [26] KOLY F., l’avortement provoqué clandestin : aspects actuels et perspectives à la clinique gynécologique et obstétricale CHU de Dakar, faculté de médecine, Dakar, 2000.
- [27] AKILUNSI FM, et al Complicated unsafe abortion in a Nigerian teaching hospital ; pattern of morbidity and mortality J Obstet Gynaecol. 2018.

The nutritional quality of North African barley genotypes

Amani Ben Naceur¹, Hatem Cheikh-M'hamed², Elyes Babay³, Sameh Mnasri³, Chedly Abdelly⁴, and M'barek Ben Naceur³

¹Faculty of sciences of Tunis, El-Manar University, Tunisia

²National Agronomic Research Institute of Tunisia, 2040, Ariana-Tunis, Tunisia

³National Gene Bank of Tunisia, Boulevard Leader Yasser Arafat 1080, Cherguia 1, Tunis, Tunisia

⁴Center of Biotechnology of Borj Cedria, Tunisia

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Barley has interesting characteristics for human health such as fiber, antioxidants, vitamins, minerals, proteins and especially β -glucans, which make it one of the best choices of whole grain. Because of its importance for human nutrition, β -glucan and protein contents were determining factors in the grains quality. The aim of this study was to analyze the nutritional grain quality of North African barley collection. Grain color, protein and β -glucan contents, starch and mineral elements contents were determined in sixteen barley genotypes. Obtained results showed that the average of protein content, varied from 10,76 to 14,13%, the β -glucan content varied from 2,18 to 4,75%, starch content varied from 52 to 60% and mineral elements varied from 1.82 to 2.52. The richest genotypes in terms of protein and β -glucan contents were the naked barley genotypes (V10 and V23) from Tunisia and Egypt respectively. In opposite, these two genotypes were the poorest in mineral elements comparatively to the remainder ones. Although some hulled barley genotypes (V7, V8) showed high levels of protein, the naked barley seeds have, in addition, an appreciable color similar to durum wheat allowing them to be easily mixed with wheat in the process of making pasta.

KEYWORDS: Barley, β -glucans, nutritional quality, proteins, starch.

1 INTRODUCTION

Barley may be classified into two-row, four-row or six-row varieties. There is either malting barley or barley for human and animal consumption. It may be hulled or naked grain [1]. Despite its number of row or its status (naked or hulled), it was demonstrated that barley endosperm contributes to grain hardness, to protein content and to starch and β -glucan contents [2]. According to these authors, barley contains high levels of β -glucans, which constitute approximately 75% of the endosperm cell walls, with 20% arabinoxylans and proteins.

It has been also shown by several authors that barley grain usually contains 2 to 10% β -glucan ([3], [4], [1]). However, further research conducted on barley mutants or on naked and waxy barley lines, have shown higher β -glucan values exceeding the 10% ([5], [4]).

A growing interest for β -glucan component was investigated in other species (oat). Redaelli et al. (2013)[6] have demonstrated that the total β -glucan content in oat is ranged from 2.85 to 6.77% (DM) and their solubility were significantly influenced by both genotype and growing environment.

Due to barley β -glucans content, significant interest in health has been reported by several researchers ([7], [8], [9]). We can list the cholesterol and glucose reduction, the obesity reduction, as well as the heart disease and the type 2 diabetes.

The grain color was shown to be linked to nutritional quality of barley seeds [10]. Indeed, this color can vary from light yellow to purple, blue and black, which is mainly caused by the anthocyanins level. Colored types are also receiving more attention, these days, because of their high antioxidant content. Colored barley varieties (purple or black), have properties that can make them an effective treatment for a number of skin problems [11]. These varieties are rich in anti-acne compounds that could offer benefits for people with damaged skin or acne, hyper pigmentation or age spots [11]. The high levels of anthocyanins found in purple or black barley can also help slow skin aging and prevent wrinkles.

Grain color is also an important indicator of food industrial quality. In fact, some naked barley was sometimes incorporated into durum wheat flour to make pasta associating its therapeutic effect and its appreciable color. However, the majority of currently available barley gives dark products, non appreciable by the consumer. On the other hand, naked barley can be mixed until 20% of durum wheat without any darkening or crumbling of the formed pasta [12].

The studies conducted by some authors ([13], [14]) on barley showed that protein levels vary widely depending on genotypes and climatic conditions, mainly rainfall, during the growing season. These authors have reported that barley grain protein content varies between 12 and 16%, but some exceptional genotypes exceed the 16% content. They have also indicated that protein grain content is an important indicator of barley quality, regardless of its use. Besides the varietal effect and climatic conditions during the growing season, altitude also plays an important role in the genotype protein content. Similarly, [15] showed a negative correlation between grain yield and protein content; which means that a rainy year produces high grain yield but with low protein contents and vice versa. They explained this negative correlation by the dilution of nitrogen content into the grain carbon-rich molecules. So what would happen if barley grown in an environment similar to North Africa, experiencing repeated periods of drought?

The objective of this study is to evaluate the nutritional quality of North African barley collection grown in rain fed conditions and to identify the genotype (s) that could be used as brood stock in a breeding program for nutritional quality improvement.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 PLANT MATERIAL

In the frame of previous research project (New Partnership for African Development=NEPAD), thirty one (31) North African barley genotypes were characterized on the molecular level and showed high genetic diversity allowing to cluster them according to their eco-geographical origin or according to the caryopsis character (hulled or naked caryopsis) ([16]). Among these genotypes, sixteen ones (16) were selected on the base of greater genetic distance or on the base of contrasting characters (early/late; hulled/hulless; erected/prostrate; productive/less productive) and used for multiple evaluation.

Five genotypes from Tunisia [Kairouan (V4), Rihane (V7), Sidi-Bouزيد (V8), Sabra (V9), Tombari (V10)], five genotypes from Algeria [Tchedrette (V15), Saïda (V17), Sidi-Mehdi (V18), Ras-El-mouche (V19), Naïlia (V20)] and six genotypes from Egypt [Giza 130 (V23), El Arich (V24), Ksar (V25), Giza 2000 (V26), Giza 125 (V29) and Giza 131 (V30)] were used in this study.

2.2 FIELD EXPERIMENTAL DESIGN

The trial was conducted at the National Agronomic Research Institute of Tunisia for two consecutive growing seasons (2014 and 2015). Sixteen barley genotypes previously selected as part of a research project, were assessed in the field using a split plot experimental design with three replications. The soil on which the tests were carried out showed the following characteristics: clay 22.5%, silt 31.5%, very fine sand 12.0%, fine sand 20%, coarse sand 12% and organic matter 2%. The fertilization consisted of 80 kg P₂O₅/ha, just before sowing date and 20kg of (Ammonitrate)/ha, at full tilling stage, was applied each year. The seeding density was calculated on the basis of 250 grains/m².

Each barley genotype was represented by an elementary plot of 4m² (two meters wide and two meters long), replicated three times and conducted under rainfall water regime.

The rainfall recorded during the two years of experimentation (September to June) was virtually similar (424 mm in 2013-2014 and 401 mm in 2014-2015).

At harvest time, grain samples were taken from each plot, for different analysis.

2.3 MEASUREMENT OF QUALITY PARAMETERS

2.3.1 ASSESSMENT OF GRAIN COLOR

The carotenoid pigmentation content in cereal grain is considered as a criterion for the raw materials quality used in agri-foodstuffs, and it is one of the first factors appreciated by the consumer when purchasing cereal products. For these reasons we considered this factor and assigned a scale from 0 to 3 to each barley flour color, according to what [17] have suggested. (0 = yellow, 1 = yellowish, 2 = dirty-white, 3 = gray).

2.3.2 ANALYSIS OF THE B-GLUCAN CONTENT

According to several authors ([18]; [6]; [19]), barley contains many natural health-beneficial compounds, including soluble and insoluble fiber called β -glucan. This substance is present in a proportion of 2 to 10% in barley.

The analysis of the β -glucan content was carried out using the assay kit provided by Megazyme International, Ltd., Wicklow, (Ireland) and according to the protocol described by Havrlentova and Kraic (2006)[20]. To determine the total β -glucan amount (mixed-linkage [(1-3) (1-4)] - β -D-glucan), 0.5 g of flour of each barley genotype was put in 50 ml Falcón tubes in which we added 1 ml of ethanol solution (50% v/v) and 5 ml of sodium phosphate buffer (20 mM, pH 6.5).

Then all tubes were well mixed (by vortex) and incubated in a boiling water bath for 2 min, followed by further shaking for 3 min, then cooled to 40°C. When the tube temperature was stabilized at 40°C, 0.2 ml of the lichenase enzyme (10U) was added and then the tubes were incubated for 1 h at 40°C with an intermediate stirring of the mixture. Subsequently, the volume of each tube was adjusted to 30 ml with distilled water and the content of each tube was thoroughly mixed and centrifuged at 1000 rpm for 10 min.

Aliquots of 0.1 ml of each supernatant were transferred into three 15 ml Falcon tubes. One of them received 0.1 ml of sodium acetate buffer (50 mM, pH 4.0) (blank) and the two others received 0.1 ml of β -glucosidase and then incubated at 40°C for 15 min. After that, 3 ml glucose oxidase peroxidases were added and all tubes were further incubated at 40°C for 20 min.

At the end of this incubation, the absorbance was measured at 510 nm using a spectrophotometer (Bio rad, Smart Spec 3000). The standard glucose solution was used as a standard and the calculation was performed according to the formula described below [21].

$$\beta\text{-glucane (\% w/w)} = \frac{\Delta A \times F \times 300 \times 100 \times 162}{1000 \times W \times 180}$$

$$\beta\text{-glucane (\% w/w)} = \frac{\Delta A \times F \times 27}{W}$$

ΔA : The difference in absorbance between the sample and the blank

F: conversion factor of the absorbance value in μg of glucose

W: Dry weight of the barley flour sample used

300 = corrective volume (0.1 ml taken from 30.0 ml).

1/1000 = Conversion of μg to mg

100 / W = Factor expressing the β -glucan amount in percent of the weight of barley flour

162/180 = Conversion factor of free glucose to anhydrous glucose, produced in β -glucan

2.3.3 ANALYSIS OF GRAIN PROTEIN CONTENT

The protein grain content was determined by Kjeldahl method. Three replications for each genotype were performed. The Kjeldahl method involves the three-stage analytical procedure: mineralization, distillation and titration.

The mineralization of flour sample is performed in digestion tubes that were inserted into an electrically heated block. The block allows the mineralization of 6 flour samples at once. The blank sample (parallel) is necessary to compensate the effect of used chemicals and water. To carry out this analysis, 1 g of barley flour of each genotype was put in weighting bottle and set to the digestion tubes. Carefully 14.5 ml of concentrated sulphuric acid (H_2SO_4) and 2 catalyst tablet ($Se+K_2SO_4$) was added to the sample in tubes. The mixture was then heated gradually up to $440^\circ C$. After 1.5 h the mineralization was finished. The tubes put out block on ceramic plate and let 30 min to cool. The sample was correctly mineralized to be transparent and colorless.

Distillation of ammonia was performed in the distillation unit which is steam generator. The ammonia released was driven by water vapor. The dosage of reagents (sodium hydroxide solution, storage solution, 40%, v/v) and the distillation process was controlled automatically. The cooled mineralized sample was dilute by 75 ml of distil water and insert to the distil unit (left side). On the right side of unit, we placed the Erlenmeyer flasks with 25 ml of boric acid solution with indicator (4%, w/v). Appropriate amount of sodium hydroxide was added automatically to the tube and the generator of steam was turned out. The complete distillation of ammonia was finished in 4,5 minutes. Water vapor condensed in the cooler and the distillate flowed into the Erlenmayer flask.

After distillation, we titrated the "green" color of solution with 0.1 mol l^{-1} hydrochloric acid (HCl) to "grey" color of solution.

The nitrogen content of the sample was calculated as a function of the ammonia amount produced, proportional to the volume of acid used.

$$[N\%] = [(V-V_0) \times 0.1 \times C_{(HCl)} \times M_{(N)}] / m_{(V)}$$

Where:

V = consumption (volume) of HCl (mL),

V_0 = consumption (volume) of HCl for blank sample (mL),

$C_{(HCl)}$ = molar concentration of HCl (mol l^{-1}),

$M_{(N)}$ = molar mass of nitrogen (14 g mol^{-1}),

$m_{(V)}$ = the sample weight (g).

According to Dumas et al. (2007)[22], the protein content of barley was:

$$N\% \times 5.83$$

2.3.4 ANALYSIS OF PROTEIN AND STARCH CONTENT BY INFRATEC

The Infratec has been specially developed to analyze the whole grain, flour, semolina and other cereal products. The use of this technology makes it possible to analyze a wide range of parameters (moisture, protein, specific weight, oil, starch, etc.) on multitude crops. The use of the "infratec", to estimate the grain composition has become widespread in recent years in grain storage silos. Today, almost all barley and wheat harvesting is controlled by this method at the silo reception.

We used this technology to measure the protein content but also the starch and the water content of the barley grain, firstly because this apparatus became available at our Laboratory and then for its simplicity of use, its speed response and non-destructive process.

2.4 STATISTICAL ANALYSIS

Data collected over two years of experimentation were subjected to variance analysis using SAS statistical software (SAS Inst, 1990). A comparison of the means was performed using the Fisher's Smallest Significant Difference (SMDP) test at the 5% probability level for the parameters studied, when the effect of one of the factors studied was significant.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 GRAINS COLOR

The composition and the organoleptic characteristics of barley grains have an important influence on its quality byproducts. The scale previously established has attributed 0 (yellow) to V10 and 1 (yellowish) to V23. The reminder genotypes share the other scales (2: dirty-white or 3: gray).

Among the barley genotypes used in this study, the naked ones V10 (Tombari) and V23 (Giza 130) were identified as the most appreciable, on the basis of their color (Figure 1). This result is confirmed by [12] and [23] who proved that cross-cutting of durum wheat by several barley genotypes including V10 to produce pasta (Tagliatelle), showed the superiority of this genotype over the other hulled ones and recognized that color and appearance are the most reliable indicators of food quality.



Fig. 1. Color of the two barley genotypes V10 (left) and V23 (right)

Similarly, [24] proposed several factors including the grain color as reliable indicator of malting quality of barley. These authors have shown also that the color index obtained by image analysis has a significant positive correlation with the quality of the malt obtained. For these reasons we considered the seeds color as a factor of the quality appreciation.

3.2 β -GLUCAN CONTENT

The analysis of barley genotypes showed a significant variability in β -glucan content, ranging from 2.18 (V20) to 4.75% (V10) (Figure 2). These values are in agreement with that of [3], suggesting that barley seeds usually contains 2-10% of β -glucan. However, [5] reported that some naked and waxy barley varieties contain more than this level.

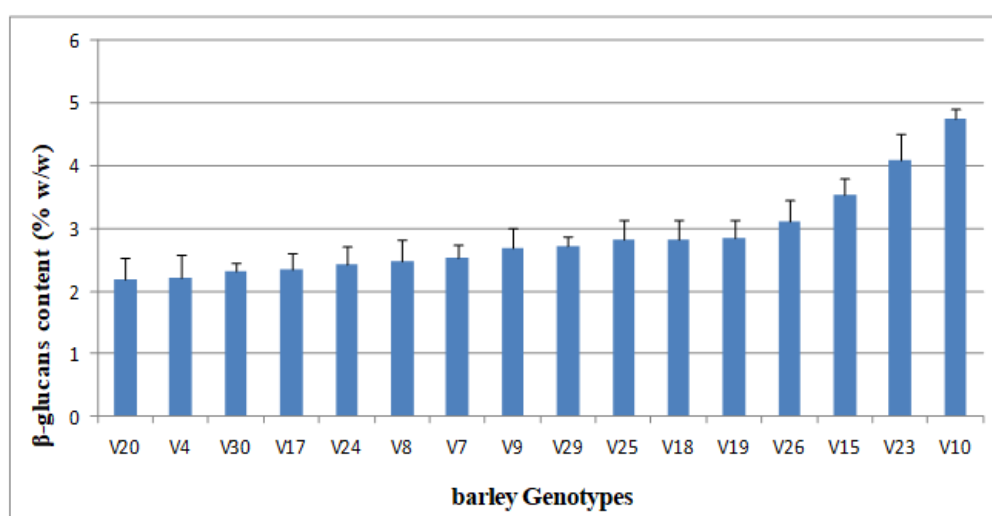


Fig. 2. Variation of β -glucan content in barley genotypes

The variance analysis of the β -glucan content showed significant difference between the different genotypes (Table 1). The Newman-Keuls test, classified the genotypes into 5 distinct groups (Table 2) where V20 (Neïlia), V4 (Kairouan), V30 (Giza 131) and V17 (Saïda) have the lowest values while V10 (Tombari) has the highest value. It should be noted that V10, V23 and V15 which have the highest values (4.75, 4.10 and 3.53 respectively), constitute, each one, a separate group. These three genotypes, particularly, V10 and V23 could be recommended for human diet because of their richness in β -glucan in addition to their therapeutic effect recognized in all barley genotypes. A recent study conducted by [25] have confirmed that hull-less barley β -glucan reduces the concentration of plasma cholesterol in hypercholesterolemic hamsters. Likewise, [26] have also confirmed the positive effect of β -glucan in enhancing some cell-mediated immune responses in broilers.

Table 1. Variance analysis of the β -glucan content

Source	Degree of Freedom	Sum of Squares of Deviations	Mean Square	F Value	Probability (Pr>F)
Model	15	45.43528590	3.02901906	34.24	<.0001
Error	80	7.07814813	0.08847685		
Corrected Total	95	52.51343403			

Table 2. Distribution of barley genotypes in homogeneous classes based on β -glucan content

Barley Genotypes	β -glucan (en %)	homogenous Class
V20 (Neïlia)	2,18	E
V4 (Kairouan)	2,20	E
V30 (Giza 131)	2,31	E
V17 (Saïda)	2,34	E
V24 (El-Arich)	2,41	DE
V8 (Sidi Bouzid)	2,49	DE
V7 (Rihane)	2,53	DE
V29 (Giza 125)	2,70	DE
V9 (Sabra)	2,68	DE
V25 (Ksar)	2,82	DE
V18 (Sidi Mehdi)	2,83	DE
V19 (Ras El-Mouche)	2,85	DE
V26 (Giza 2000)	3,10	CD
V15 (Tichedrett)	3,53	C
V23 (Giza 130)	4,10	B
V10 (Tombari)	4,75	A

It should be noted that V10 and V23 are two hullless genotypes and their high content in β -glucan was in agreement with what many authors have reported. For instance, [27] confirmed that naked and waxy barley grains contain higher β -glucan content than normal grains. This significant difference between the genotypes tested is, mainly, due to the varietal effect rather than the environmental factor, according to what [28] have reported. The results obtained are also in agreement with those of [29] and [30] who showed a positive correlation between β -glucan richness and barley nudity (nud locus).

3.3 PROTEIN CONTENT (KHJELDAHL METHOD)

The analysis of protein content is shown in Figure 3. This values varied from 10.67% in V20 (Naïlia) to 14.13% in V10 (Tombari).

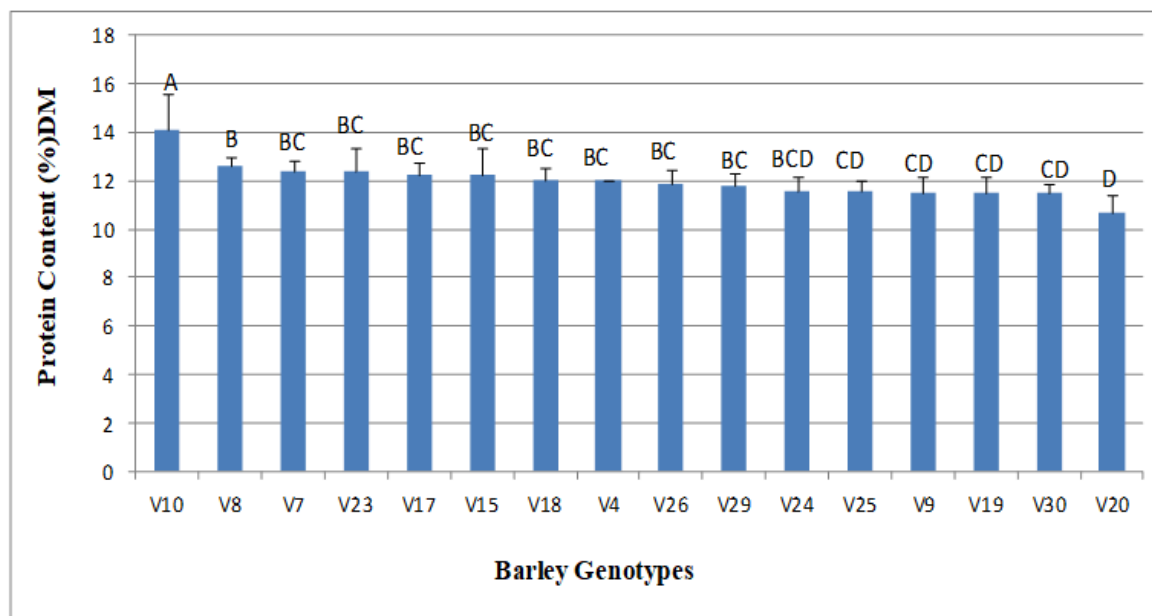


Fig. 3. Protein content in different barley genotypes using the Kjeldahl method

Variance analysis of this parameter showed a significant difference among genotypes (Table 3). The Newman-Keuls classification showed four significantly different groups.

Table 3. Variance analysis of the protein content

Source	Degree of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Probability (Pr>F)
Model	15	24.72236458	1.64815764	4.59	0.0001
Error	32	11.47886667	0.35871458		
Corrected Total	47	36.20123125			

V10 genotype had the highest value (14.13%), while V20 had the lowest one (10.67%). The other genotypes are intermediate. Except for V10, the obtained values are, for the most part, consistent with what [31] and [32] have obtained during two growing seasons. However, the genotypes studied in this work were generally richer than those studied by [32], may be because the difference in varietal genetics or the difference in growing conditions (moisture, fertilization, ...) and/or the negative correlation between grain yield and protein content reported by several authors ([33], [15]). These authors stated that high grain yield is negatively correlated to the protein content. They explained this negative correlation by the dilution effect of grain nitrogen into the carbon-rich molecules.

The low protein content observed in some barley genotype can be increased by nitrogen fertilization or by introgression of some genes conferring high protein content, according to what [34] has identified in wild barley and proposed to improve the protein content of domesticated varieties.

3.4 PROTEIN CONTENT (INFRADEC METHOD)

Barley grain analysis by "infrared" (Figure 4), still shows the superiority of V10 on all studied barley genotypes. The value obtained for V10 (13.76%) is similar to what we found by the Kjeldahl method (14.13%).

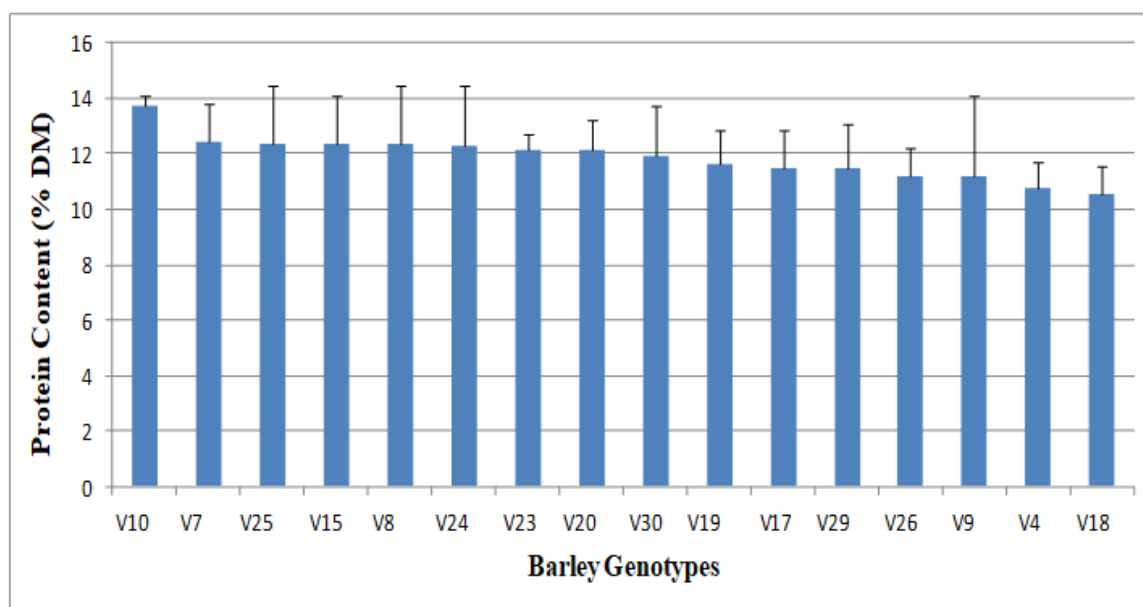


Fig. 4. Protein content, in the different barley genotypes, using "Infratec" method

On the other hand, the values obtained for the other genotypes are also similar to what we obtained by the kjeldahl method, however the position of the genotypes changes a little bit according to the method used.

The Kjeldahl method is the most universal technique for nitrogen analysis. In fact, this is the only method that can be used to measure the nitrogen content of very diverse samples. However, its slowness and its high cost (chemicals consumed) forces users to look for a simpler method (Infratec), reliable and allowing not only protein analysis but also grain moisture and starch content, with reproducibility higher than the reference methods used

3.5 STARCH AND ASH CONTENT

Table 4 showed that the naked genotypes (V10 and V23) are the richest in protein and β -glucans but also the poorest in mineral ash, compared to the others. Furthermore, V9 and V24 have the highest starch content against V18 and V19 who have the lowest content. Because of their high starch content, the first two genotypes are an essential energy component of human food [35]. Likewise for animal feed, starch is used to formulate high energy rations needed by highly productive dairy cows.

Table 4. Biochemical components of the studied barley grains

Génotypes	Protéines	β -glucanes	Amidon	Cendre
V4	11.99 $\pm$ 0.06	2.21 $\pm$ 0.38	53.8 $\pm$ 5.0	2.3 $\pm$ 0.17
V7	12.41 $\pm$ 0.44	2.53 $\pm$ 0.20	57,1 $\pm$ 1.19	2.23 $\pm$ 0.009
V8	12.58 $\pm$ 0.42	2.49 $\pm$ 0.34	57,4 $\pm$ 0.93	2.13 $\pm$ 0.027
V9	11.52 $\pm$ 0.65	2.68 $\pm$ 0.33	60.0 $\pm$ 1.23	2.10 $\pm$ 0.024
V10	14.13 $\pm$ 1.5	4,75 $\pm$ 0.17	56,6 $\pm$ 1.85	1.82 $\pm$ 0.07
V15	12.24 $\pm$ 1.09	3.52 $\pm$ 0.27	54.0 $\pm$ 0.85	2.52 $\pm$ 0.007
V17	12.26 $\pm$ 0.48	2.34 $\pm$ 0.28	53.8 $\pm$ 1.66	2.42 $\pm$ 0.017
V18	12.03 $\pm$ 0.52	2.83 $\pm$ 0.30	52.6 $\pm$ 2.6	2.14 $\pm$ 0.14
V19	11.52 $\pm$ 0.68	2.85 $\pm$ 0.27	52.0 $\pm$ 1.50	2.10 $\pm$ 0.03
V20	10.67 $\pm$ 0.76	2.18 $\pm$ 0.35	56.00 $\pm$ 1.43	2.22 $\pm$ 0.009
V23	12.41 $\pm$ 0.98	4.09 $\pm$ 0.41	56,7 $\pm$ 1.404	1.94 $\pm$ 0.008
V24	11.6 $\pm$ 0.54	2.41 $\pm$ 0.29	59 $\pm$ 1.22	2.25 $\pm$ 0.18
V25	11.56 $\pm$ 0.49	2.82 $\pm$ 0.31	57,5 $\pm$ 0.95	2.26 $\pm$ 0.16
V26	11.85 $\pm$ 0.63	3.10 $\pm$ 0.36	57,1 $\pm$ 1.92	2.23 $\pm$ 0.18
V29	11.82 $\pm$ 0.52	2.71 $\pm$ 0.16	58 $\pm$ 2.04	2.24 $\pm$ 0.024
V30	11.49 $\pm$ 0.36	2.31 $\pm$ 0.15	56,5 $\pm$ 1.25	2.18 $\pm$ 0.019

These results are comparable to those reported by [36]; [37] and [38]. A negative correlation between organic compounds (proteins and β -glucans) and ash content was established. This finding was also reported by [39] who showed also a negative correlation between micronutrients and organic barley grain compounds.

On the other hand, this table showed that the highest constituents are starch, which varied from 52.0 to 60.0% DM and crude protein, which varied from 10.67 to 14.13% DM. Ashes are minor constituents and was formed mainly of potassium and phosphorus as it was demonstrated by [38]. The differences in chemical composition observed in this study are attributed to genetic differences since all these genotypes were grown under the same environmental conditions.

4 CONCLUSION

This work aimed to study the nutritional quality of sixteen (16) North African barley genotypes. Grain quality analysis included grain color, protein content, β -glucan, starch and ash content. The results obtained pointed out the superiority of two naked genotypes originating from Tunisia (V10) and Egypt (V23).

The V10 genotype has showed the highest protein and β -glucan contents but also the lowest ash content. On the starch level, the V9 and V24 genotypes were the richest while V18 and V19 were the poorest. Thus, the Tunisian naked genotype (V10) and, to a lesser degree, the Egyptian naked genotype (V23) have proved to be the most nutritional, since they combined three quality criteria making them as the most interesting barley genotypes for human health and for a possible mix with wheat to make bread and pasta.

Undeniably, the addition of small quantity of this genotype's flour to wheat could improve the appearance, the nutritional quality of the bread and/or pasta in addition to its therapeutic effect due to its high β -glucan content.

REFERENCES

- [1] V. Anderson, G. Lardy, M. Bauer, K. Swanson and S. Zwinger, "Barley Grain and Forage for Beef Cattle, North Dakota State University: pp. 1-12, 2012.
- [2] B. Byung-Kee and S.E. Ullrich, (2008) "Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest", *Journal of Cereal Science* 48, pp. 233–242, 2008.
- [3] R.J. Henry, "Pentosans and (1-3), (1-4)- β -glucan concentrations in endosperm and whole grain of wheat, barley, oats and rye", *Journal of Cereal Science* 6, pp. 253–258, 1987.
- [4] L. Munck, B. Møller, S. Jacobsen and I. Søndergaard, "Near infrared spectra indicate specific mutant endosperm genes and reveal a new mechanism for substituting starch with (1/3,1/4)- β -glucan in barley", *Journal of Cereal Science* 40, pp. 213–222, 2004.
- [5] A.A. Anderson, R. Anderson, K. Autio and P. Aman, "Chemical composition and microstructure of two naked waxy barleys". *Journal of Cereal Science* 30(2), pp.183-191, 1999.
- [6] R. Redaelli, V. Del Frate, S. Bellato, G. Terracciano, R. Ciccoritti., C. Germeier., E. De Stefanis and D. Sgrulletta, "Genetic and environmental variability in total and soluble β -glucan in European oat genotypes", *Journal of Cereal Science*, 57(2), pp. 193-199, 2013.
- [7] R.K. Newman and C.W. Newman, "Barley for Food and Health, Science, Technology and Products. New Jersey: John Wiley & Sons Inc; 2008.
- [8] A. Bédard, Y. Colombe, H. Gagnon, I. Galiboids et L. Corneau, Orge. Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels (INAF), 2006.
[Online] Available: http://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=orge_nu-99k
- [9] C.A. Patterson, " β -glucanes de l'avoine et de l'orge: des fibres solubles uniques", *Agriculture and agri-food Canada*, pp. 1-4, 2008.
- [10] C. Griffey, W. Brooks, M. Kurantz, W. Thomason, F. Taylor, D. Obert, R. Moreau, R. Flores, M. Sohn and K. Hicks, "Grain composition of Virginia winter barley and implications for use in feed, food, and biofuels production", *Journal of Cereal Science*, 51, pp. 41-49, 2010.
- [11] I. Diczházi and L. Kursinszki, "content and composition in winter blue barley cultivars and lines", *Cereal Chemistry Journal*, (91)2, pp. 195-200, 2014.
- [12] N. Khaled, "Valorisation de l'orge en alimentation humaine pour améliorer les revenus des petits agriculteurs", *Mastère de l'INAT*, pp. 84, 2012.
- [13] Z. Ahmad and S. Yasmin, "Genetic Variation for seed protein in barley germplasm", *Pak. J. Bot.*, 42 (6), pp. 3791-3797, 2010.
- [14] S. Cai, G. Yu, X. Chen, Y. Huang, X. Jiang, G. Zhang and X. Jin, "Grain protein content variation and its association analysis in barley". *BMC Plant Biology*, 13:35, 2013.

- [15] F. Oury and C. Godin, "Yield and grain protein concentration in bread wheat: how to use the negative relationship between the two characters to identify favorable genotypes?", *Euphytica*, 157(1), pp. 45–57, 2007.
- [16] A. Ben Naceur, R. Chaabane, M. El-Faleh, C. Abdelly, D. Ramla, A. Nada, M. Sakr and M. Ben Naceur, "Genetic diversity analysis of North Africa's barley using SSR markers", *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, vol 10, issue 1, pp. 13-21, 2012.
- [17] L. Legzdina and I. Mezaka, "Progress of the hullless barley breeding program", In "*Proceedings of the 10th International barley genetics symposium*. 5-10 April 2008 Aleksandria Egypt, pp. 61-67. Editors:Salvatore Ceccarelli and Stefania Grando.
- [18] R.S. Bhatti, "The Potential of Hull-less Barley". *Cereal Chemistry*, 68(3), pp. 221-227, 1999.
- [19] S.M. Markovic, N.H. Đukic, D. Knezevic and S.V. Lekovic, "Divergence of barley and oat varieties according to their content of β -glucan". *Journal of the Serbian Chemical Society*, 82(4), pp. 379–388, 2017.
- [20] M. Havrlentova and J. Kraic, "Content of β -D-glucan in cereal grains". *Journal of Food and Nutrition Research*, 45(3), pp. 97-103, 2006.
- [21] B.V. McCleary and R. Codd, (1991) "Measurement of (1 $\rightarrow$ 3),(1 $\rightarrow$ 4)- β -D-glucan in barley and oats: a streamlined enzymic procedure", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 55, 1991, pp. 303-312, 1991.
- [22] C. Dumas, C. Saul and O. Bender, "Apport en protéines : consommation, qualité, besoins et recommandations", *Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA)*, pp. 461, 2007.
- [23] T. Hajji, D. Sfayhi-Terras et M. El-Faleh, "Extraction des fibres β -glucanes, incorporation dans les pâtes alimentaires". *Journée Nationale sur la valorisation des Résultats de la Recherche dans le Domaine des Grandes Cultures*, pp. 106-110, 2014.
- [24] M.J. Edney, S. Izydorczyk Marta, S.J. Symons and N. Woodbeck, "Mesure de la couleur et de la taille du grain d'orge pour prédire la qualité d'utilisation finale du malt. Facteurs de déclasserement et orge brassicole", *Commission Canadienne des grains*, pp. 1-19, 2003.
- [25] L.T. Tong, K. Zhong, L. Liu, X. Zhou, J. Qiu and S. Zhou, "Effects of dietary hull-less barley β -glucan on the cholesterol metabolism of hypercholesterolemic hamsters", *Food Chemistry*, 169(15), pp. 344-349, 2015.
- [26] Y.H. Cheng, D.N. Lee, C.M. Wen and C.F. Weng, (2004). "Effects of β -Glucan Supplementation on Lymphocyte Proliferation, Macrophage Chemotaxis and Specific Immune Responses in Broilers", *Asian-Australas Journal Animal Science*, 17(8), pp. 1145-1149, 2004.
- [27] C.E. Fastnought, P.T. Berglund, E.T. Holm and G.J. Fox, (1996) "Genetic and environmental variation in β -glucan content and quality parameters of barley for food", *Crop Science*, 36, pp. 941-946, 1996.
- [28] W. Powell, P.D.S. Caligari, J.S. Swanston and J.L. Jinks, "Genetic investigations into β -glucan content in barley". *Theoretical and Applied Genetics*, 71, pp. 461–466, 1985.
- [29] R.S. Bhatti, A.W. MacGrigor, B.G. Rosnagel, (1991) "Total and acid-Soluble β -glucan content of hullless barley and its relationship to acid-extract viscosity", *Cereal Chemistry*, 76(5), pp. 589–599, 1991.
- [30] I. Mezaka, M. Bleidere, L. Legzdina and N. Rostoks, "Whole genome association mapping identifies naked grain locus "nud" as determinant of β -glucan content in barley", *Zemdirbyste= Agriculture*, 98(3), pp. 283-292, 2011.
- [31] A. Pecio, K. Kubsik and A. Bichonski, "The reasons of grain yield and quality variation in a production field of spring barley", *Biuletyn Instytutu Hodowli Aklimatyzacji Roslin*, 236, pp.:157-166, 2005.
- [32] M.N. El-Banna, M.A.A. Nassar, M.N. Mohamed and M.A. Boseely, (2011) "Evaluation of 16 barley genotypes under calcareous soil conditions in Egypt". *Journal of Agricultural Science*, 3(1), pp. 105-121, 2011.
- [33] W. Spoor and N.W. Simmonds, "Pot trials as an adjunct to cereal breeding and evaluation of genetic resources", *Field crops research*, (35), Issue 3, pp. 205-213, 1993.
- [34] P.R. Shewry, (2004/Rev.2006) "Improving the protein content and quality of temperate cereals: wheat, barley and rye, in Impacts of Agriculture on Human Health and Nutrition", in *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, [http://www.eolss.net]
- [35] L. Saulnier, "Cereals grains: diversity and nutritional composition". *Cahiers de nutrition et de diététique*, 47(1), pp. 4-15, 2012.
- [36] Biel, W. and Jacyno E. 2013. Chemical composition and nutritive value of spring hulled barley varieties. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19 (4): 721-727.
- [37] A. Wirkijowska, Z. Rzedzicki, P. Zarzycki, A. Sobota and E. Sykut-Domańska, "Chemical composition of naked barley for production of functional food", *Acta Agrophysica*, 23(2), pp. 287-301, 2016.
- [38] L. Lahouar, F. Ghrairi, A. El Arem, S. Medimagh, M. El Felah, H. Ben Salem, and L. Achour, "Biochemical composition and nutritional evaluation of barley Rihane (*Hordeum vulgare* L.)". *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 14(1), pp. 310-317, 2017.
- [39] W.T. Xue, A. Gianinetti, R. Wang, Z.J. Zhan, J. Yan, Y. Jiang, T. Fahima, G. Zhao and J.P. Cheng, "Characterizing Barley Seed Macro- and Micro-nutrients under Multiple Environmental Conditions", *Cereal Research Communications*, 44(4), pp. 639–649, 2016.

APPORT DES LANGUES DYNAMIQUES NON NATIONALES EN VUE DE PALLIER LE DEFICIT SCOLAIRE EN RD CONGO : CAS DE LA PROVINCE DU NORD-KIVU

Jacques MUNYAMPETA BAMPO

Assistant, Institut Supérieur Pédagogique de Goma (ISP-GOMA), RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The DRC, like the other countries of the African continent, is in search of the ways and means to start a true dynamics of the development. It explains itself by the existence of the multiple agreements that succeeded to the development of the Constitution that governs the country currently as well as the manifest will of our leaders to make take off the country. Indeed, the success of such a gait passes above all by the implication of every Congolese since the basis until the summit. So that the aforesaid gait is efficient and applicable to all, it would be appropriated that every Congolese seized the impact of the stakes in a language close to sound lived daily in order to allow him to understand what it is some better. Besides the role to permit the communication, the languages are also the powerful instruments that help the peoples to appropriate of the actions and permit the country thus to reach progress. In other words, the languages are not only auspicious tools of communication, they reflect and also transmit perceptions of the world. Therefore, the protection and the promotion of the local languages must be a key element to construct a best Congo and to assure a worthy life for all. Nowadays, it is clearly established that no process of development can materialize outside of the involvement of the populations. The aforesaid involvement to the initiatives of development is primordial bus even though interventions of some solutions sometimes bring in top to some problems, they don't yet have the capacity to understand in depth the need of the beneficiary populations. What is often to the basis of the failures accumulated in several initiatives in relation with all process and all formula aiming the development in our country. The major worry of this work is to show the impact of the languages local, real common good, in all action aiming the development in our country while proposing a linguistic architecture that will probably enhance a representative number of local languages without disregarding the contribution of French, language inherited of the colonization, that must act us progressively as medium for intellectualize our ancestral languages in order to give them luck to assure the roles that French plays presently in the world appropriately. To the present stage, we need the French language as language of reference to write our history, to think on our future, to elaborate the scientific theories, to invent some concepts, to construct the future, to search for and to claim our rights, etc. This survey must also allow the Congolese to fear the wealth of own cultural identity better and to be conscious of the differences between the languages of the country, to accept themselves mutually and, by the same opportunity, to encourage the exchanges and the international mobility at this hour of internationalization. So that the national cohesion doesn't stay a hollow slogan, it is useful that the Congolese society arranges of a coherent linguistic politics that extols little by little the use as extended as possible of the languages first and natives in all spheres of the society as well in the domains politics, economic, legal, sanitary, etc. It is in it that the country will get the true national cohesion, pledge for all lasting development in Africa, curiously in DRC.

KEYWORDS: local languages, development, population, participation, decentralization.

RÉSUMÉ: La RDC, à l'instar des autres pays du continent africain, est à la recherche des voies et moyens pour amorcer une vraie dynamique du développement. Cela s'explique par l'existence des multiples accords qui ont abouti à l'élaboration de la Constitution qui régit le pays actuellement ainsi que la volonté manifeste de nos dirigeants de faire décoller le pays.

En effet, le succès d'une telle démarche passe avant tout par l'implication de chaque congolais depuis la base jusqu'au sommet. Pour que ladite démarche soit efficace et applicable à tous, il serait approprié que chaque congolais saisisse l'impact des enjeux dans un langage proche de son vécu quotidien afin de lui permettre à mieux comprendre ce qu'il en est.

Outre le rôle de permettre la communication, les langues sont également des puissants instruments qui aident les peuples à s'approprier des actions impulsées par la hiérarchie et permettent ainsi le pays à atteindre le progrès. En d'autres termes, les langues ne sont pas seulement des outils propices de communication, elles reflètent et transmettent aussi des perceptions du monde. Par conséquent, la protection et la promotion des langues locales doivent être un élément clé pour construire un Congo meilleur et assurer une vie digne pour tous.

De nos jours, il est clairement établi qu'aucun processus de développement ne peut se concrétiser en dehors de la participation des populations. Ladite participation aux initiatives de développement est primordiale car même si les interventions d'en haut apportent parfois des solutions à certains problèmes, elles n'ont pourtant pas la capacité de comprendre en profondeur le besoin des populations bénéficiaires. Ce qui est souvent à la base des échecs cumulés dans plusieurs initiatives en rapport avec tout processus et toute formule visant le développement dans notre pays.

Le souci majeur de ce travail est de montrer l'impact des langues locales, véritables biens communs, dans toute action visant le développement dans notre pays tout en proposant une architecture linguistique qui mettra sans doute en valeur un nombre représentatif de langues locales sans négliger l'apport du français, langue héritée de la colonisation, qui doit nous servir de médium pour intellectualiser progressivement nos langues ancestrales en vue de leur donner la chance d'assurer convenablement les rôles que joue présentement le français dans le monde.

Au stade actuel, nous avons besoin de la langue française comme langue de référence pour écrire notre histoire, réfléchir sur notre avenir, élaborer des théories scientifiques, inventer des concepts, construire l'avenir, rechercher et revendiquer nos droits, etc.

Cette étude doit également permettre au congolais à mieux appréhender les richesses de sa propre identité culturelle et d'avoir conscience des différences entre les langues du pays, s'accepter mutuellement et, par la même occasion, favoriser les échanges et la mobilité internationale à cette heure de la mondialisation.

Afin que la cohésion nationale ne demeure un slogan creux, il est utile que la société congolaise dispose d'une politique linguistique cohérente qui prône peu à peu l'usage aussi étendu que possible des langues premières et autochtones dans toutes les sphères de la société aussi bien dans les domaines politique, économique, juridique, sanitaire, etc. C'est en cela que le pays obtiendra la vraie cohésion nationale, gage pour tout développement durable en Afrique, singulièrement en RDC.

MOTS-CLEFS: langues locales, développement, population, participation, décentralisation.

1 INTRODUCTION

1.1 PROBLÉMATIQUE

Le développement est une question essentielle dans toutes les sociétés humaines. C'est une notion qui désigne un processus naturel, globalement irréversible.

A titre historique, après « le soleil des Indépendances » du continent africain, la gestion de la RD Congo, comme pour la majorité des pays africains, n'a sérieusement pas pris en compte les besoins essentiels des populations à la base. Ils ont dans l'ensemble opté pour la continuité sans adaptation des systèmes scolaires mis en place par les colonisateurs sans se soucier du contexte socioculturel de leur pays respectif.

Les dirigeants se sentent bloqués pour appliquer leur projet de société du fait que la question des langues continue de poser un sérieux problème un peu partout en Afrique, singulièrement en RD Congo, pays en dimension d'un continent. C'est ce qui a conduit, par exemple, les constituants ou rédacteurs de la constitution de 2006 à envisager la décentralisation comme mode de gestion efficace pour faire participer les populations en situation de multilinguisme dans la construction du pays dans la perspective de renforcer la cohésion nationale.

Or, sur le plan linguistique, le nombre exact de langues locales de la RD Congo n'est pas très précis : les chercheurs du Centre Linguistique Théorique et Appliquée « CELTA » en sigle, après avoir révisé l'*Atlas linguistique du Zaïre* en 2006, ont trouvé 243 langues locales alors que les auteurs de l'*Atlas linguistique de la RDC-linguistic Maps of the DRC*, 2009 estiment ces langues à plus de 250.

Devant cette mosaïque des langues, le français, langue héritée de la colonisation est imposée comme langue officielle. C'est principalement par l'école que l'on apprend cette langue officielle mais les études montrent que « les résultats de son

apprentissage ne sont pas toujours à la hauteur » comme l'affirme le Professeur NYEMBWE NTITA (2010 :5-17). Ce dernier estime que l'enseignement du français souffre de plusieurs maux dont les plus importants sont la sous-qualification de bon nombre d'enseignants de français, insuffisance et indisponibilité de matériels didactiques et outils pédagogiques, le surpeuplement des classes, l' inadéquation des méthodologies appliquées à son enseignement et le statut du français lui-même comme langue officielle en RDC. Cette analyse, qui se limite à l'enseignement au niveau de Kinshasa, ne tient pas compte des réalités au niveau de chaque province.

Ce qui fait que jusqu'alors, les Congolais parlant la langue française constituent une faible minorité de la population. Pourtant, le gouvernement a l'habitude de diffuser principalement ses informations importantes (économie, santé, environnement, etc.) en langue officielle et parfois, il recourt aux quatre langues nationales lors qu'il s'agit d'un fait qu'il estime plus important : Il s'agit par exemple de la campagne de vaccination des enfants contre une certaine épidémie (Poliomyélite, Cholera, Ebola,...), l'appel des populations à la participation massive aux élections et enrôlements des votants, etc.

Après avoir constaté la faiblesse de la cohésion nationale due, à notre avis, prioritairement à la méconnaissance de la langue officielle dans les coins et recoins du pays, le Président de la République, sur demande incessante de la classe politique et de la population congolaise, a compris la nécessité de créer un cadre de concertation en vue de parvenir à souder les Congolais, la seule formule pour mettre fin à l'immobilisme que connaît le pays en matière du développement.

En guise de rappel, c'est au terme de l'ordonnance n°13/078 du 26 juin 2013 qu'il a convoqué les assises de concertations nationales (dont l'ouverture est intervenue le 7 septembre de la même année au Palais du Peuple) pour non seulement aboutir à la cohésion des congolais mais aussi renforcer l'autorité de l'État sur l'ensemble du territoire nationale où le français, rappelons-le, reste moindre et limitée à cause du taux d'analphabétisme qui ne cesse d'atteindre des proportions inquiétantes selon les rapports de l'Unesco et plusieurs témoignages écrits en notre possession.

Cet état de choses occasionne un véritable déficit communicationnel entre les gouvernants et les gouvernés. Même les quatre langues nationales, réparties selon les aires linguistiques de la RD Congo à la suite de la constitution votée en 2006 n'arrivent pas à couvrir toute l'étendue du pays. En outre, ces quatre langues ne sont pas enseignées à l'école.

Si nous prenons, à titre d'exemple, le contexte linguistique de la Province du Nord Kivu, tout le monde devrait, en principe, parler et comprendre le kiswahili qui représente toute la partie Est du pays dans la logique des aires linguistiques telle que reprise dans la constitution. Cependant, les études montrent qu'en dehors de grandes villes de la Province du Nord Kivu, le kiswahili n'est ni compris ni parlé par un bon nombre de personnes.

Au « Grand-Nord » c'est-à-dire dans une grande portion de Beni-territoire et Lubero, un message passé en swahili est moins compréhensible que celui passé en kinande. Plusieurs personnes sondées témoignent qu'à Luotu, Masereka, Musera, etc il y a même de gens qui n'ont jamais parlé ni entendu le swahili dans leur milieu d'origine.

Malheureusement, on rencontre ce genre des cas dans plusieurs territoires de la RDC. Dans ce contexte, il est pratiquement impossible pour un gouvernement responsable de déclencher sans entrave le processus du développement en refusant de prendre en compte la réalité sociolinguistique du pays. Le chercheur Camerounais Louis-Martin ONGUENE ESSONO a dit : « pour cristalliser et analyser un peuple ou une nation, il faut lui dire le message dans sa langue. » (2015)

A la lumière de tout ce qui précède, Plusieurs questions se posent : puisque la scolarisation en français a montré ses limites, pouvons-nous envisager l'introduction progressive dans l'enseignement bilingue articulant une langue du milieu et la langue française au primaire, particulièrement dans les écoles des zones rurales? Ya-t-il moyen de remédier à l'échec scolaire dû à la difficulté d'acquisition de la langue française ? Ce sont là des questions que nous tenterons de répondre en cours de parcours.

1.2 MÉTHODOLOGIE DU TRAVAIL

Pour faciliter l'accomplissement de cette étude, nous nous sommes servi des méthodes et techniques ci-après :

- La méthode sociolinguistique : elle nous a servi de mettre en relation les comportements linguistiques et les facteurs sociaux. En d'autres termes, comprendre la langue et les obstacles que rencontre la langue française dans le milieu où il est enseigné. Ce qui va nous conduire à proposer des alternatives adaptées au contexte de la province du nord Kivu,
- La méthode comparative : Grace aux articles lus dans ce domaine, cette méthode nous a permis de comparer avec intelligence les remèdes apportés à la situation linguistique de quelques pays notamment le Sénégal, le Nigéria, le Burkina Faso et l'Afrique du sud qui, parmi lesquels, ils arrivent à se classer parmi les pays développés sinon en voie de développement mais ayant plus ou moins une configuration socio linguistique similaire à la nôtre ;

- La technique documentaire : grâce à elle, nous avons réussi à réunir quelques documents physiques et virtuels utiles (livres, revues et articles) pour la confection de ce travail ;
- La Technique de sondage : elle nous permis, grâce à un questionnaire d'enquête préétabli, de recueillir quantité d'informations utiles à notre étude. Notre enquête a tenu compte de l'âge, position et connaissance de l'enquêté(e). Pour ce faire, nous nous sommes rendu à Rutshuru et à Masisi. Pour les quelques coins non consultés, nous avons pris le soin de questionner leur représentants qui se trouvent à Goma. Tel est le cas des personnes sondées du Grand- nord. Notre corpus est constitué de trente personnes dont dix du Grand- nord et cinq pour Rutshuru, Masisi, Walikale et Nyiragongo. Nous avons pris le soin d'interroger des personnes sur base des critères objectifs pour ne pas influencer dans les données recueillies pour confectionner ce travail.

1.3 OBJECTIFS D'ÉTUDE

Étant donné que le problème de la langue touche à l'identité des peuples laquelle (identité) est nécessaire pour tout développement durable, il est important que la question des langues cesse d'être seulement une affaire des linguistes (enseignants et autres spécialistes des langues) mais aussi être celle des décideurs politiques qui, dans leur mission de gouverner la cité devraient trouver des solutions permettant à faire adhérer les peuples d'en bas dans la gestion de l'État. C'est-à-dire rechercher des pistes favorisant la reconnaissance et l'apprentissage des langues de grande diffusion du milieu - à côté du français - en vue de permettre au plus grand nombre de participer au destin collectif.

Pour que le pays accède au progrès, les cadres politiques devraient accepter l'idée selon laquelle le français n'est pas compris par la grande majorité des populations et, faire tout pour changer la donne à travers la politique de l'Éducation obligatoire laquelle permettra d'intellectualiser les langues locales, particulièrement celles qui sont dynamiques et, en tenant compte du contexte sociolinguistique de chaque province. En d'autres mots, nous suggérons qu'en plus des langues nationales reconnues constitutionnellement, il faudrait que les langues puissantes - de grande communication - dans chaque aire linguistique soient intégrées et enseignées au niveau primaire jusqu'à un certain niveau.

Nous allons essayer de montrer aux décideurs le bien-fondé de trouver des mécanismes visant à faire la promotion et la protection de nos langues qui, visiblement, se dressent en obstacle majeur contre tout projet de développement du fait de l'absence d'une politique sérieuse qui pourra transformer l' obstacle en escalier afin de conduire le pays vers la vraie cohésion nationale et le faire sortir dans le sous-développement.

a. causes de l'échec de la scolarisation en français :

C'est à l'issue des conquêtes coloniales et l'impérialisme qui ont établi une certaine hiérarchie entre les langues font qu'en RD Congo on parle de la langue officielle, des langues nationales, locales et périphériques (ethniques). Cette configuration continue à accélérer, en quelque sorte, l'exclusion des populations entières sinon, la disparition de diverses variétés linguistiques du pays. Cependant, quelques langues ancestrales essayent, de façon presque naturelle (sans promotion des gouvernants), pour échapper à la stigmatisation et à la marginalisation qui aboutissent souvent à ce que Claude Hagège (2002) appelle qualifie de « linguicide » ou de « l'ethnocide ».

Étant donné que le taux d'analphabétisme continu à grimper suite aux problèmes que connaît le pays, cela fait que beaucoup de parents sont incapables de scolariser convenablement leurs enfants (surtout dans la partie l'Est où les conflits armés et ses conséquences s'ajoutent dans une situation déjà sombre).

b. Conséquences de l'échec dû à l'acquisition de la langue française:

Il est aujourd'hui admis que le développement d'une nation ne peut être effectif que si la population y est associée. Or, la population est véritablement intégrée à travers le système d'enseignement qui est devenu le principal moteur d'apprentissage du français, la langue officielle. Or l'enseignement en RDC souffre de plusieurs maux.

En effet, il appartient à l'homme politique dont l'une des missions principales est de montrer le chemin à suivre et se rassurer si sa vision du monde est bien comprise au niveau de la base. Pour y arriver, il lui est recommandé de prendre en compte les réalités sociolinguistiques des populations cibles.

Aussi longtemps que la question de scolarisation des enfants congolais continuera à demeurer sans réponse favorable, elle pourra, dans un proche, corrompre l'âme de la nation congolaise, ébranler le dynamisme de vie culturelle aujourd'hui fragile, menacer davantage la paix civile et l'unité nationale, entraver la croissance économique et se dresser comme un obstacle majeur contre tout projet de développement. Dans les pires de scénario, elle peut être à la base de fragmentation des

communautés en sous communautés incapables de communiquer entre elles, tuant ainsi dans l'œuf toute idée de partager un projet commun.

Notre travail va essayer de suggérer, comme nous l'avions annoncé dans les lignes précédentes, une architecture linguistique qui pourrait en quelque sorte mettre le pays à l'abri des choses négatives.

c. Piste de solutions

Nous sommes d'avis que la vraie cohésion nationale passe par la cohésion culturelle car cette dernière, entant que « moteur de tout développement », se transmet par la langue. Celle-ci devrait être considérée par les décideurs congolais comme le véhicule privilégié de transfert des connaissances et idées, sans laquelle, rien ne peut convenablement aller de l'avant.

La question d'adhésion des populations dans la construction de l'État demeure un point central pour mettre fin à ce que le Professeur Séraphin NGONGO PITSHANDENGE qualifie de « paradoxe d'une croissance économique sans développement » (Congo-Afrique 2010) c'est-à-dire nous vivons dans un contexte où le Gouvernement parle des progrès économiques enregistrés mais il n'y a pas de changements notables dans la vie sociale des congolais.

Dans cette petite réflexion, nous suggérons qu'en dehors des quatre langues interethniques reconnues comme langues nationales, l'État congolais doit envisager de faire la promotion des langues dynamiques au niveau de chaque Province (à l'exception de la Ville - Province-capitale Kinshasa) en favorisant le vote des édits au niveau des Provinces dans la perspective de permettre la promotion et la protection de ces langues. Pour y parvenir, il faut un minimum de volonté politique.

Cela permettra que la vision des gouvernants arrive plus facilement vers les parties les plus reculées et ce, pour le bien tous.

En ce qui concerne la Province du Nord Kivu, nous aimerions qu'en plus de kiswahili, nous recommandons l'usage, l'apprentissage et la protection de kinande et du kinyarwanda. Ces deux langues doivent être reconnues comme dans l'édit de la Province du Nord Kivu.

Étant donné que la langue française ne couvre pas l'ensemble du pays faute des problèmes liés à l'éducation, nous pensons qu'il serait bénéfique pour l'État de prendre en compte les langues de grande diffusion pour combler le trou causé par l'analphabétisme et renforcer ainsi la communication entre les dirigeants et la base et réduire l'incommunicabilité entre Communautés en Province du Nord-Kivu.

A la lumière des réalités observées, nous suggérons en quelques lignes ce que l'État congolais est appelé à faire pour rendre nos langues efficaces et aptes à servir à long et à moyen terme :

- Du fait de faible niveau de développement de nos langues, elles devraient avant tout faire l'objet des stratégies de développement spécifiques : fixer l'orthographe de celles qui n'en ont pas dans le but de les utiliser dans les domaines variés, permettre la confection des ouvrages littéraires dans ces langues ;
- Doter aux Universités et Institutions œuvrant dans le domaine des langues africaines des moyens de tout genre pour leur permettre de confectionner des matériels didactiques et outils pédagogiques adéquats pour l'enseignement/apprentissage desdites langues et ce, au niveau de chaque Province ;
- Favoriser leur utilisation dans divers domaines, faire en sorte que les locuteurs puissent les utiliser sans forcément envisager une quelconque traduction en français ;
- Créer des conditions pour que chaque locuteur se sente à l'aise dans la pratique de la langue ainsi choisie et l'employer dans des contextes publics et formels ;
- Faire en sorte que l'élite congolaise et la jeunesse, généralement formée en français ne puissent contribuer à la stigmatisation des langues du pays et cesser de penser que c'est impossible de rendre nos langues efficaces et aptes à servir.

1.4 QUESTION DE LA RECHERCHE

Il y a plus de 50 ans que la RD Congo est indépendante mais le démon de l'immobilisme continue de lui coller à la peau.

Nous pensons que la question de la promotion des langues ne doit plus rester un enjeu théorique. Les décideurs politiques sont appelés à comprendre à travers cette étude que cette question s'inscrit dans le cadre concret du développement intégral des peuples.

2 REVUE DE LA LITTÉRATURE

Dans cette partie, il sera question de définir sans se délier du contexte de l'étude certains thèmes clés de recherche tels que : population, participation, langue locale, décentralisation et cohésion nationale.

2.1 LANGUES LOCALES

Une langue locale ou régionale est, au point de vue politique, différente de la langue officielle de l'État. Tandis que du point de vue géographique, elle est une langue parlée dans une région faisant partie d'un État plus vaste : elle y être localement majoritaire ou non. En RDC, les langues locales sont les langues qui ne font pas partie des quatre langues nationales (le kiswahili, kikongo, ciluba et lingala) constitutionnellement parlant.

2.2 DÉVELOPPEMENT

La notion de développement humain est apparue à titre de parallélisme avec la notion de développement économique. Elle considère que le bien être des humains ne se résume pas seulement à l'économie et aux revenus.

Le Père Louis-joseph LEBRET (1967) définit le développement comme « le passage d'une société moins humaine à une société humaine ». Cette façon de penser a l'avantage de voir la personne comme un acteur fondamental dans le processus de changement et de transformation de la société vers une société plus humaine. Il ne s'agit pas seulement de prendre en compte les besoins matériels mais de considérer la personne dans son intégralité : physique, morale, économique, politique, culturelle, linguistique, etc.

Les enseignements de ce dernier nous interpellent ; on a trop tendance à réduire les personnes et leurs développements au cadre économique, pour ne pas dire « économiste ». La pensée de LEBRET met l'homme au centre de tout.

Cette démarche nous encourage à être moins passif, à regarder les situations, à les affronter et à ne pas les accepter quand on estime que les choses ne vont pas vers le bien commun, vers le développement de tous.

Nous sommes convaincu que des langues continuent de causer problème et qu'une bonne politique appliquée dans ce sens va apporter une pierre de plus dans la reconstruction de notre pays, consolider l'unité nationale et créer des centres d'impulsion et de développement de la base au sommet.

2.3 POPULATION

La population désigne un ensemble d'individus d'une même espèce vivante se perpétuant dans un territoire donné. Le terme « population » désigne aussi la mesure du nombre d'individus constituant le groupe considéré.

On distingue parfois la "population" d'un pays (l'ensemble des personnes physiques qui résident sur le territoire national, durablement ou temporairement) du peuple qui désigne la communauté des individus au sein de cette population, souvent vu sous l'angle politique.

Bref, une population est un ensemble d'individus ou d'éléments partageant une ou plusieurs caractéristiques qui servent à les regrouper. Dans cette étude, Il s'agit de la population humaine.

2.4 PARTICIPATION

La participation désigne les procédures, démarches ou tentatives faites pour donner un rôle aux individus dans la prise de décision affectant la communauté ou l'organisation dont on fait partie. Elle représente tout à la fois l'outil le plus basique et le plus complet de la démocratie participative. La participation comporte des stades variés qui vont de l'information à l'évaluation en passant par des processus de concertation.

L'information consiste à donner des éléments à la population concernée sur les projets à venir ou en cours. Elle doit être complète, claire et compréhensible par tous.

La notion de participation s'applique à de nombreux champs distincts: au niveau le plus général, ou dans des domaines relevant de la gouvernance, de la démocratie participative, de la citoyenneté ou de l'écocitoyenneté.

2.5 DÉCENTRALISATION

La théorie de la décentralisation part du principe que pour amorcer un développement local et participatif, il faut accorder un certain pouvoir à des collectivités locales reconnues par la constitution ou par la loi.

Par décentralisation on entend redistribution des compétences administratives de l'État central au profit d'autres instances ou de pouvoirs locaux. Elle tient d'un système d'organisation administrative et de gestion par lequel l'État accorde à d'autres entités reconnues légalement par la constitution ou par la loi, la personnalité juridique, l'autonomie administrative, financière et de gestion.

Dans cette étude, il s'agit d'une forme de « décentralisation linguistique ». C'est-à-dire qu'en plus du français, que l'exécutif provincial s'occupe de la promotion et de la protection des langues locales de grande diffusion.

3 RESULTATS D'ETUDE

Nous proposons une solution à deux niveaux comme annoncé précédemment :

- Au niveau national:

Compte tenu de l'énormité du pays, les exigences de l'heure par rapport aux défis de la mondialisation, nous proposons, à la lumière de la loi Ferry en France au XIX^e siècle, que les dirigeants mettent tout en œuvre afin que l'enseignement soit gratuit et obligatoire en vue de permettre l'acquisition du français à tous les niveaux de la société. Le français doit non seulement permettre au pays de s'ouvrir au monde mais également servir de support pour intellectualiser à moyen terme les langues congolaises les plus dynamiques. Au niveau national, la configuration linguistique du pays devrait se présenter de la manière suivante :

1. Au premier niveau, le français comme langue officielle ;
2. Au deuxième niveau, les quatre langues nationales (kiswahili, lingala, kikongo, ciluba), l'État est appelé, à travers le Budget national, à disponibiliser des moyens suffisants pour leur promotion ;
3. Au troisième niveau : Les langues provinciales de grande diffusion. A travers un édit de chaque Province, l'Exécutif provincial doit assurer la promotion ainsi que la protection de catégorie des langues de grande communication au niveau de chaque Province.

Outre la Ville-Province de Kinshasa, chaque Province est appelée à inscrire au moins deux langues dans l'édit provincial. En ce qui concerne le Nord Kivu, nous proposons, pour des raisons pédagogiques et géostratégiques, le kinande et le kinyarwanda qui sont, à notre avis, les deux langues dynamique de grande communication dans la Province. Cela peut se faire sans discrimination vis-à-vis des autres langues périphériques parce que, selon le *Rapport sur le droit linguistiques des personnes appartenant à des minorités nationales* (cité par Ivan Besnier), «... une norme de non-discrimination absolue pourrait avoir comme conséquence de forcer des personnes appartenant à une minorité linguistique à adhérer à la langue de la majorité, les privant ainsi, dans les faits, de leur droit à leur propre langue en les traitant comme les autres membres de la majorité ».

4. Au dernier niveau, *Les langues locales* : cette rubrique reprend toutes les langues qui ne se figurent pas dans les points précédents. L'État est appelé à trouver les moyens de toute nature pour fixer l'écriture à celles qui n'en ont pas, les mettre à l'abri de l'extinction c'est-à-dire, il doit s'engager à respecter toutes les langues régionales ou minoritaires existant sur son territoire.

En ce qui concerne l'éducation, les autorités sont appelées à appliquer la Nouvelle Loi-cadre n° 14/004 du 11 janvier 2014 qui stipule en son article 72 : « l'enseignement primaire et obligatoire et gratuit, et dure six ans » (KALUBI A : Congo –Afrique : 600).

- Au niveau des provinces:

La RD Congo est l'un des pays les plus multilingues du continent africain. C'est l'une des causes qui, en sorte que, la Cohésion nationale, gage de tout développement, continue de poser problèmes en raison du fait de la majorité de la population, généralement analphabète, se trouve dans les Provinces. D'où la nécessité pour le Gouvernement central de s'appuyer sur les institutions provinciales afin de réussir la lourde mission d'obtenir la cohésion des congolais et, les impliquer de façon active dans le développement durable.

En d'autres termes, il faut qu'au niveau de chaque Province, les gouvernants mettent en œuvre un système permettant aux citoyens de comprendre tout projet de développement dans leurs langues du milieu avant de le faire en français. Pour ce faire, il serait approprié qu'au niveau des Provinces, chaque organe délibérant vote un édit linguistique pour permettre à l'exécutif provincial de mettre sur pied un système d'enseignement favorisant, en plus du français, l'apprentissage des langues du terroir sans discrimination.

Les échecs enregistrés dans ce domaine sont dus au fait que le pouvoir de central veut tout régenter et ne donne pas des moyens conséquents aux Provinces.

La mise en place de cette politique nécessite à certain niveau l'implication des parents, élèves, acteurs des institutions scolaires, supérieures et universitaires ainsi que des acteurs politiques.

En tout état de cause, l'idéal serait de promouvoir un traitement égalitaire des toutes les langues de la RDC et de donner la possibilité aux élèves de recevoir une instruction dans la langue de leur choix en mettant en place un système de scolarisation qui prenne en compte la langue maternelle des apprenant.

4 RECOMMANDATIONS

Le souci majeur de notre étude était de proposer une architecture verticale et horizontale c'est-à-dire une étude pouvant aider les gouvernants à se rapprocher de la population (verticale) et permettre une bonne communication entre les populations en situation de multilinguisme (horizontale).

Du fait que l'éducation via l'enseignement n'assure pas convenablement la diffusion du français auprès de tous les Congolais, nous croyons qu'il est temps que nous trouvions d'autres stratégies supplémentaires pour que la question des langues ne soit pas un élément pouvant bloquer le pays à aller de l'avant comme nous le constatons à l'heure actuelle.

Bien que la loi cadre de 2014 sur l'enseignement prévoit, en son article 114, le rattrapage scolaire qui consiste à donner en trois ans le programme du primaire aux enfants qui ont connu une rupture de leur cycle primaire - quand bien son application pose problème-, nous pensons qu'il serait souhaitable, à l'instar de ce qui se fait au Burkina Faso et qui porte déjà ses fruits, que l'État congolais devrait envisager la création des écoles satellites au niveau des villages pour combler tant soit peu le déficit éducationnel et ce, en connivence avec les exécutifs provinciaux. C'est-à-dire, créer une sorte d'éducation de base non formelle pour rapprocher l'école et l'élève en vue faciliter également l'accès et la fréquentation des filles. Ladite école satellite devrait accueillir les enfants non scolarisés (classiquement) de 7 à 10 non scolarisés. Les objectifs de ses établissements scolaires seraient à la fois quantitatifs et qualitatifs : qualitatifs parce qu'ils viseraient à accroître l'offre éducative en réduisant les écarts entre villes et campagnes, entre les filles et garçons ; qualitatifs du fait qu'ils viseraient l'adéquation des enseignements dispensés au contexte de vie des apprenants en vue de leur intégration dans leur milieu.

Dans ces écoles, la transmission de savoir se fera par une langue nationale (de préférence une langue de grande communication du milieu) et le français (langue officielle et d'ouverture au monde extérieur). Nous nous permettons de penser que cela favoriserait, à moyen terme, le bouchage du déficit éducationnel en RDC.

5 PERSPECTIVES D'AVENIR ET CONCLUSION

Dans nos recherches à venir, nous envisageons de faire le tour de toutes les Provinces pour dénicher les langues locales de grande communication (hormis les langues nationales) avec des preuves chiffrées dans la perspective de mettre le résultat de l'étude à la portée des décideurs nationaux et provinciaux pour des dispositions utiles.

Nous pensons que la situation du multilinguisme que connaît la RD Congo ne peut en rien entraver son développement étant donné que certains États tels que la Suisse, le Singapour, le Grand-duché du Luxembourg nous prouvent le contraire en nous démontrant que la diversité linguistique n'est pas un blocage au développement d'une nation. Comme preuve, ces États sont classés aujourd'hui parmi les pays les plus prospères du monde.

Nous avons la ferme conviction que notre pays est extraordinairement riche en diverses potentialités et, il peut, dans un proche avenir, se compter parmi les grands de l'univers si ses dirigeants décident de tenir compte de ce qui vient d'être dit à travers cette réflexion et de donner suite au blocage dû aux questions des langues.

Pour répondre à la deuxième préoccupation soulevées ci-haut, nous nous suggérons à nos décideurs, ainsi que ceux de l'Afrique francophone, de montrer au reste du monde que les richesses que comportent les sociétés multilingues et, de demeurer sans complexe vis-à-vis de la diversité linguistique, culturelle et identitaire, de regarder l'avenir en prenant des décisions courageuses tout en préservant leur patrimoine car l'avenir en dépend. Ils doivent comprendre tout simplement que

c'est entre autres le système d'éducation fondé au départ sur une langue européenne (en excluant ou négligeant les langues locales) qui continue à mener une bonne partie des élites à penser que les langues locales ne sont pas aptes à jouer un rôle social, économique, culturel, politique, etc. Et pourtant, selon une étude menée par l'Unesco montre que « *l'enseignement dans la langue maternelle a une incidence bénéfique sur les compétences linguistiques dans la première langue, sur les résultats scolaires dans les autres matières et sur l'apprentissage d'une seconde langue* » (Unesco 2003 :16)

Parmi les conditions à remplir pour une introduction des langues nationales et locales dans les systèmes éducatifs, qui est la première question posée dans la problématique dudit travail, nous pensons que le développement de la politique du livre laquelle favorise l'émergence d'un environnement lettré en langues du pays à travers la promotion d'un secteur éditorial spécialisé dans la production de manuels scolaires et livres en langues nationales et locales ainsi que l'assouplissement des procédures d'appel d'offre pour rendre le marché du matériel éducatif en ces langues plus accessible aux éditeurs nationaux et provinciaux.

REFERENCES

- [1] BANQUE MONDIALE. *Le système éducatif de la République démocratique du Congo: priorités et alternatives*, Département du développement humain, Région Afrique, janvier 2005.
- [2] BATIANA A. *Évaluation des écoles satellites*, Unicef, 2002
- [3] HAGEGE Claude, *Halte à la mort des langues*, Paris, Éditions Odile Jacob, coll. »Poches Odile Jacob, 98 », 2002
- [4] KAMUNDU BATUNDI, Didier. «Comprendre la crise au Congo», 1999, Lyon, Organisation de défense des droits de l'Homme et de promotion de la paix,
- [5] LECLERC, Jacques. *Langue et société*, Laval, Mondia Éditeur, coll. «Synthèse», 1992, 708p.
- [6] Louis - Joseph LEBRET, *Dynamique concrète du développement*, Les Éditions ouvrières, paris, 1967
- [7] CONCO-AFRIQUE : « Les enjeux de la paix et du développement en Afrique et en RD Congo ». Économie-politique-vie sociale-culture, n°450 Decembre2010
- [8] CONGO-AFRIQUE : Nouvelle Loi-cadre de l'enseignement National en RDC : innovations, forces et limites, Économie-politique-vie sociale-culture, n°487, septembre 2014
- [9] Apollinaire SELEZINO, « langues en contact, langue en danger : le sängo, une langue nationale menacée d'abâtardissement et de disparition en République centrafricaine », Université de Bangui, 2013 ;
- [10] CALVET, Louis-Jean. «L'insécurité linguistique et les situations africaines» dans *Une ou des normes ? Insécurité linguistique et normes endogènes en Afrique francophone*, Paris, 1998, Agence de la francophonie, Louis-Jean et Moreau, Marie-Louise (Éditeurs), 1998, p. 7-38.
- [11] Ivan Bernier, « La préservation de la diversité linguistique à l'heure de la mondialisation », université de Laval, Québec 2001 ;
- [12] Louis Martin ONGUENE ESSONO, « enseignement des langues maternelles camerounaises et du français : essai d'analyse de l'approche ELAN dans les écoles pilotes de Yaoundé, Cameroun », Université de Strasbourg, 2015 ;
- [13] Maxime Z. SOME, « Les langues africaines et les TIC », Université de Koudougou, 2009
- [14] MAKOMO MAKITA, Jean-Claude. «La politique linguistique de la R.D Congo à l'épreuve du terrain : de l'effort de promotion des langues nationales au surgissement de l'entrelangue» dans *Synergies Afrique des Grands Lacs*, n° 2, 2013, p. 45-61
- [15] Nicolas QUENT, « Le cas du multilinguisme en Afrique du Sud. Préservation des langues- culture, politique et planification linguistique », 2011
- [16] NAPON A. « L'enseignement du français au Burkina Faso : méthodes et stratégies » dans les annales de l'Université de Ouagadougou, série A, vol VI , 1994 pp. 22-41
- [17] NYEMBWE, N « le français en République Démocratique du Congo. État des lieux », in *le français en Afrique* n°25 Nice, CNRS-Institut français de la linguistique, 2010, pp5-17
- [18] <http://www.sudlangues.sn> consulté le 10/04/2015
- [19] <http://www.bisharat.net> consulté le 20/04/2015
- [20] <http://www.smsi.francophonie.org> consulté le 4/06/2015
- [21] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Participation_\(politique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Participation_(politique)) consulté le 15/06/2015
- [22] <http://www.vie-publique.fr/forums/rub1308/formes-participation.html> consulté le 17/06/2015
- [23] [<http://www.udps.org/Textes-Forum/kamundu-101199.html> consulté le 18/09/2015
- [24] <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001297/129728f.pdf> consulté le 3/04/2016
- [25] <http://www.telug.quebec.ca/diverscite> consulté le 7/5/2016

LE KINYARWANDA, SOURCE DE CONFLITS IDENTITAIRES EN RDC : CAS DE LA PROVINCE DU NORD KIVU

Jacques MUNYAMPETA BAMPO

Assistant, Institut Supérieur Pédagogique de Goma (ISP-GOMA), RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Many countries on the African continent are at war or face violence of various kinds, not to mention those related to interethnic conflicts. Since 1998, there has been a resurgence of large-scale conflicts in this part of the universe, something that has not happened since the 1960s. Studies show that in 1999, Africa was the scene of more than half of the armed struggles taking place in the world.

The Democratic Republic of the Congo is not left out, it faces strong internal opposition caused, inter alia, by the political and economic situation, the land problem, the management of customary power, etc. All these negative facts contribute to the absence of national cohesion, one of the essential guarantees for bringing the country into chaos.

It is in this perspective to help the country turn the page that undermines the life-together between communities that we propose these lines of thinking in order to provide an additional stone in the search for solutions for a real peace between all Congolese and allow them to live happily.

Indeed, we will not address all aspects of conflict but we will try to focus on the issue of Kinyarwanda language that seems to "insecure" its Congolese speakers across the country.

This question may be one of the causes of the deadly tribalism that endangers many users of Kinyarwanda, whether Congolese or not. And yet, the said language is part of the linguistic heritage of the country even if it is also spoken outside the country like other languages of the world.

We believe that if this question is not mastered intelligently, the North Kivu province risks falling into the identity lies that were the cause of the genocide in Rwanda in 1994, as we provide some documentation related to the Rwandan tragedy.

Through the lines that follow, we will try to see through some historical facts which reinforces the negative image of this language and its speakers and propose appropriate solutions throughout the country, especially in the province of North Kivu.

So many studies on the conflicts of the East, often address topics that do not sufficiently emphasize the linguistic facade of the problem but place too much importance on military, economic and diplomatic remedies as effective solutions to put an end to the disorders that tear Province. We believe that these kinds of prescriptions are not enough and that it is time to add other supplements necessary to build a society truly safe from "criminal ethnicity" as is the case today.

This reflection is not intended to make the history of Congolese people who express themselves in Kinyarwanda or even less to grant it a kind of precedence of Kinyarwanda over all the languages spoken in DR Congo.

KEYWORDS: linguistic areas, Kinyarwanda, Banyarwanda, North Kivu.

RESUME: Beaucoup de pays du continent africain sont en guerre ou confrontés à des violences de diverses natures sans compter celles liées aux conflits interethniques. Depuis 1998, on note une recrudescence de conflits à grande échelle dans cette partie de l'univers, chose qui ne s'était pas produite depuis les années 1960. Les études montrent qu'en 1999, l'Afrique était le théâtre de plus de la moitié des luttes armées se déroulant dans le monde.

La République démocratique du Congo n'est pas en reste, elle est confrontée à des vives oppositions internes causées, entre autres, par la situation politique et économique, le problème foncier, la gestion du pouvoir coutumier, etc. Tous ces faits négatifs contribuent à l'absence de la cohésion nationale, l'un des gages essentiels pour sortir le pays dans le chaos.

C'est dans cette perspective visant à aider le pays à tourner la page sombre qui met à mal le vivre-ensemble entre communautés que nous nous proposons ces quelques lignes de réflexions en vue d'apporter une pierre de plus dans la recherche de solutions pour une paix véritable entre tous les congolais et leur permettre de vivre heureux.

En effet, nous n'allons pas aborder tous les aspects relatifs aux conflits mais nous allons essayer de nous focaliser sur la problématique de la langue kinyarwanda qui semble « insécuriser » ses locuteurs congolais un peu partout à travers le pays.

Cette question peut se placer parmi les causes du tribalisme meurtrier qui met en danger beaucoup d'usagers du kinyarwanda qu'ils soient de nationalité congolaise ou non. Et pourtant, ladite langue fait partie du patrimoine linguistique du pays même si elle est également parlée hors du pays à l'instar des autres langues du monde.

Nous pensons que si cette question n'est pas maîtrisée avec intelligence, la province du Nord Kivu risque de sombrer dans les mensonges identitaires qui ont été à l'origine du génocide au Rwanda en 1994, comme nous renseigne certaines documentations relatives du drame rwandais.

A travers les lignes qui vont suivre, nous essayerons de voir à travers quelques faits historiques ce qui renforce l'image négative de cette langue et ses locuteurs et proposer des solutions idoines dans l'ensemble du pays, spécialement en province du Nord Kivu.

Tant d'études sur les conflits de l'Est, abordent souvent des thèmes qui ne soulignent pas assez la façade linguistique du problème mais accordent trop d'importances aux remèdes militaires, économiques et diplomatiques comme solutions efficaces pour mettre un terme aux désordres qui déchirent la Province. Nous pensons que ces genres de prescriptions ne suffisent pas et qu'il est temps d'adjoindre d'autres suppléments nécessaires pour construire une société véritablement à l'abri des « ethninismes criminels » comme c'est le cas aujourd'hui.

Cette réflexion n'a pas pour mission de faire l'historique des populations congolaises qui s'expriment en kinyarwanda ni moins encore de lui accorder une sorte de préséance du kinyarwanda par rapport à toutes les langues parlées en RD Congo.

MOTS-CLEFS: aires linguistiques, kinyarwanda, banyarwanda, Nord-Kivu.

1 INTRODUCTION

1.1 PROBLEMATIQUE

Tout travail scientifique naît à partir d'un problème. En ce qui concerne cette étude, nul n'ignore les multiples violations de droit de l'homme enregistrées chaque jour en RD Congo. On compte des vives oppositions dans tous les coins et recoins. Citons, à titre d'exemple, celles qui ont opposé le luba du Kasaï et les luba du Katanga, le Lema et Lendu, le Bashi et barega, etc. De nos jours, des cas similaires continuent à être signalés un peu partout à travers le pays.

Cependant, dans ces divergences multiformes, nous pouvons retenir un point commun : les communautés rivales se reconnaissent comme congolaises et aucune partie en conflit ne diabolise la langue de l'autre. En d'autres mots, la question de la langue ne sert pas de prétexte pour vilipender et exclure l'autre.

En guise de rappel, les principaux groupes ethniques qui peuplent la province du Nord-Kivu sont les Nande, les « Banyarwanda » (Hutu et Tutsi), les Nyanga, les Hunde et Tembo. Les populations s'exprimant en kinyarwanda se répartissent en deux catégories : les autochtones d'un côté, et, de l'autre, les immigrés (ou transplantés) et les réfugiés des événements de 1959 au Rwanda. Des cinq groupes ethniques susmentionnés, les groupes catalogués comme « Banyarwanda » sont les seuls à se trouver à la fois dans les deux catégories, les autres étant classés dans la première uniquement.

Dans la société congolaise, les communautés congolaises qui s'expriment en kinyarwanda sont cataloguées comme étrangères c'est-à-dire qu'elles ne sont pas congolaises. En outre, une opinion propagée par une certaine presse a largement contribué à entretenir la confusion dans l'identification des nationaux à l'Est (Nord et sud-Kivu), traitant indistinctement les Hutu et les Tutsi de « banyarwanda » qui est, à notre avis, une sorte de tribu imaginaire qui regrouperait les deux ethnies précitées.

Ladite propagande fait et continue à faire du chemin jusqu'à obtenir le soutien quasi unanime de certains politiciens véreux qui trouvent dans cette appellation une occasion en or pour répandre sans vergogne que ces deux communautés précitées n'ont jamais été congolaises.

En dehors de ces faits négatifs susmentionnés, deux paramètres alimentent les conflits interethniques à savoir les aspects démographiques et politico-économiques. Les Nande et les « Banyarwanda » sont en effet les deux groupes majoritaires qui se disputent le leadership économique et politique de la province.

Ces quelques questions, ajoutées à d'autres problèmes qui existent déjà, contribuent efficacement pour faire de l'Est un cimetière à ciel ouvert. C'est à cause de ces quelques points que cette étude trouve son importance pour résoudre tant soit peu la crise qui déchire les communautés nord-kivutiennes depuis fort longtemps.

1.2 OBJECTIFS D'ETUDE

1.2.1 OBJECTIFS GLOBALES

Le Nord-Kivu n'est pas un district enclavé dans un État, il fait partie intégrante de la RD Congo. La maladie de « non paix » qui le terrasse aujourd'hui risque de contaminer tel un virus mortel l'ensemble du pays si rien ne change.

Ladite Province est le 3^e grenier du point de vue de sa contribution en termes de recettes de l'État après le récent découpage du pays en 26 provinces en dépit des situations macabres qu'elle traverse.

Sans sa participation, les recettes du pays connaîtront un déficit notable. Dans cette condition, nous pouvons considérer l'apport non négligeable de la population du Nord-Kivu (y compris des communautés hutu et tutsi congolais) dans la construction du pays.

Cette recherche essaye juste de toucher un point dans la nébuleuse, mais lequel point qui, à notre entendement, mérite une attention particulière parce que non seulement la Province fut la zone de départ de la guerre pour reconfigurer l'ordre politique et réinventer l'État congolais mais surtout c'est dans son sol que fut déclenché le processus de renversement du régime de Mobutu, un président dont l'histoire retient son règne 32 ans de dictature sans concession. Cela nous conduit à affirmer sans risque d'être contredit que la RD Congo ne verra jamais la paix et le développement tant que la question vivre-ensemble des communautés de l'Est restera sans réponse.

1.2.2 OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

a) causes

Historiquement, c'est au cours de la période d'instabilité politique ayant suivi l'accession du Congo à l'indépendance, le 30 juin 1960, qu'un premier conflit ethnique armé éclate au Nord-Kivu en juillet 1963, entre les Congolais d'expression kinyarwanda (Tutsi et Hutu de Masisi et de Goma) et les autres ethnies (Nande, Hunde et Nyanga), suite au mouvement d'autonomie des provincettes.

Pendant plus de deux ans, ce conflit va donc opposer Banyarwanda (Hutu et Tutsi) de Masisi, d'un côté, et, de l'autre, Nande, Hunde et Nyanga. Mais, avec l'arrivée au pouvoir de Mobutu en novembre 1965, il y a eu suppression des provincettes, dissolution de leurs forces de police et mutations des autorités politico-administratives impliquées dans ces désordres. Toutes ces mesures mirent fin à ces derniers, mais sans pour autant réparer les ponts brisés dans les relations entre les groupes ethniques opposés, qui ne le resteront toutefois pas jusqu'à nos jours. Ce conflit avait été qualifié de « la guerre de kanyarwanda » (Club Nyiragongo 2009).

Bien avant le génocide de 1994 au Rwanda, un conflit opposait déjà, les communautés congolaises à expression kinyarwanda, d'un côté, et, de l'autre, les Nande, les Hunde et Nyanga au Nord-Kivu. Mais, avec l'arrivée massive dans cette province des réfugiés rwandais encadrés par les milices hutu extrémistes Interahamwe et des éléments des Forces armées rwandaises « FAR », les alliances locales changèrent de nature : dans le Masisi, par exemple, Tutsi et Hunde ont combattu en commun contre les Hutu congolais et rwandais (ex-FAR et Interahamwe).

Vers mai 1996, presque tous les Tutsi de Masisi avaient pu trouver refuge au Rwanda où dominait maintenant le Front patriotique rwandais « FPR », à l'exception de 2 000 déplacés cantonnés dans deux localités du Nord-Kivu, Kichanga et Mokoto.

Un fait aussi important à noter est que les réfugiés rwandais (sous le contrôle des ex-FAR et des Interahamwe) avaient formé une alliance avec les Hutu congolais pour combattre contre les autres ethnies de Masisi. C'est ainsi que les Hunde et Nyanga étaient aussi victimes des attaques hutu et certains ont dû se réfugier au Rwanda, comme les compatriotes tutsi congolais.

Parallèlement, l'implication des rebelles de FDLR pour la chute de Mobutu et leur participation à la guerre de 1998-2002 sont à la base de la souffrance de la population de l'Est et reste une menace pour le Rwanda. D'où la présence maintenue des groupes armés parfois soutenus soit par les autorités rwandaises pour faire barrage aux rebelles rwandais sur le sol congolais, soit encore par le régime congolais pour de raisons politiques, soit enfin par certains compatriotes congolais qui se sentent menacés.

Sur le plan ethnique, la constitution de l'Alliance des forces démocratiques pour la libération du Congo (AFDL), lançant une offensive militaire contre le régime Mobutu avec l'appui du Rwanda et de l'Ouganda, va avoir pour effet un double renforcement du clivage ethnique au Kivu : entre Hutu et Tutsi congolais d'une part, entre Tutsi et autres communautés de l'autre. En clair, la première guerre du Congo (1996-1997) a agi sur les deux dimensions des conflits communautaires au Nord-Kivu, à savoir inter et intra-ethnique.

Les conflits à l'Est ont plusieurs niveaux, il n'y en a pas un seul. Cependant, pour ne pas trop éloigner de l'histoire, nous prenons comme point de repère les 2 guerres en RD Congo (1996-1997 et 1998-2002) qui suivent le génocide au Rwanda qui ont fait en sorte que les Provinces de l'Est deviennent le champ de bataille de « la première guerre mondiale africaine » comme disait Kris BERWOUTS.

Les causes sont multiples et multicolores comme nous venons de les signaler précédemment. seulement, quand on parle des conflits entre les communautés rwandophones et les autres, on ne peut pas négliger ce qui s'est passé dans les pays avec lesquels la Province partage ses frontières, spécifiquement le Rwanda, bien connu dans le monde à cause de ses conflits dont le plus important est le génocide de 1994, décrit par la chercheuse Linda MARVERN comme « une vague de massacre haineuse, impitoyable, incroyablement brutale, commise en plein jour ».

b) conséquences

Les communautés qui se voient dans l'insécurité socioculturelle du fait de leur langue vont progressivement développer une sorte de « psychose doublée d'une volonté d'autodéfense ». Cela s'explique clairement par la présence des milices à connotation tribale à l'Est où les communautés, profitant de l'absence de l'autorité de l'État, se permettent de se fabriquer impunément des groupes armés ayant pour principale mission d'assurer la protection d'une communauté face à une autre. Ces milices recourent parfois à l'appui des pays des pays limitrophes comme bouclier pour encourager une politique de guerre permanente. Ce qui donne une dimension incontrôlable à la guerre de l'Est.

Face aux groupes dits Mai-Mai, Raia Mutomboki, etc dont l'objectif est la purification ethnique au Congo, cela conduit des milices issues des communautés rwandophones du Congo à s'organiser dans une logique d'autoprotection en lieu et place de l'État, inexistant dans le milieu où le film macabre se déroule.

A causes des milices, le pays sombre dans un processus qui se déchaîne sans contrôle. Il ne s'agit plus d'une guerre mais d'une « situation sociale d'agitation permanente » comme l'affirme le Professeur KA MANA.

Nous ne voulons pas qu'un jour la question des langues, comme c'est le cas du kinyarwanda, fasse du Nord-Kivu une province totalement ingérable.

c) Pistes de solution

Comme nous venons de le mentionner ci-haut, les causes de conflits armés demeurent d'actualité depuis plusieurs années. Elles datent des règnes des Présidents Mobutu, Laurent-Désiré Kabila et Joseph Kabila actuel Président de la République.

Elles tirent leurs racines entre autres dans la problématique de la nationalité des peuples d'origine rwandaise, la mauvaise gouvernance, la convoitise étrangère des ressources naturelles, la présence de groupes armés locales et étrangers, ainsi que dans les manipulations politiciennes.

Le nombre de congolais d'expression Kinyarwanda demeure inconnu à ce jour. Il ne fait que croître ou décroître, selon la situation sécuritaire à l'Est de la République Démocratique du Congo et la présence des réfugiés rwandais sur le sol congolais. Ce qui crée des tensions liées à l'appropriation et à la gestion de terres occupées par ceux qui restent au pays ou qui y reviennent pour tenter de reprendre celles qui leur auraient appartenues. L'État congolais n'arrive pas à maîtriser les mouvements de la population à l'Est et à trouver une formule adaptée pour mettre un terme à ce problème.

Concernant cette recherche, nous proposons des solutions à deux niveaux : au niveau central et au niveau provincial.

Au niveau du gouvernement national :

- Les institutions du pays devraient faire en sorte que la question de nationalité ne soit pas seulement une question de langue, de sol et de sang, mais une question de choix, d'esprit et de participation dans la construction de la RD Congo;
- L'État devrait travailler sur l'éducation pour réduire le poids de l'ignorance des congolais et renforcer l'esprit d'organisation communautaire pour le bien de tous. C'est à travers l'éducation de longue haleine que l'on parviendra à extirper l'esprit de guerre ancré dans certaines mentalités ;

- L'État devrait songer à réduire la misère et la pauvreté qui sont exploitées par certains politiciens vereux pour manipuler négativement les paisibles communautés qui jadis vivaient en parfaite intelligence ;
- Enlever à l'esprit des congolais que l'idée selon laquelle la guerre serait l'unique voie pour résoudre les problèmes entre le Rwanda et la RD Congo car la confiance dans la violence est toujours un déficit d'intelligence ;
- Faire en sorte que langue ne sert plus d'indice pouvant amener aux conflits étant donné le plurilinguisme de RD Congo et ce, à travers des campagnes de sensibilisations de grande envergure à travers tout le pays, prioritairement dans la partie Est ;
- Trouver une solution pacifique avec les pays voisins, spécialement avec le Rwanda c'est-à-dire ouvrir l'horizon fondé sur un vrai sens de responsabilité politique de la part des dirigeants rwandais et congolais. Et ce, pour un avenir d'inter fécondation enrichissante ;
- La mission de dire qui est Congolais et qui ne l'est devrait revenir exclusivement à l'autorité pour éviter le désordre dans le chef des individus qui se donne le pouvoir designer, selon son humeur, qui est congolais et qui ne l'est pas.
- Dans un pays en majorité chrétienne, les dirigeants religieux devraient user de leur autorité pour décourager les appels à la haine ethnique et les violations de droit de l'homme.
- Envisager la création d'un ministère en charge de la cohésion nationale dont l'une des missions sera de veiller sur la cohabitation pacifique de toutes les ethnies de la RD Congo.

Au niveau de la Province du Nord-Kivu :

- Compte tenu de sa proximité avec le Rwanda, les institutions provinciales devraient faire attention dans la gestion des conflits ethniques avec un regard particulier sur les ethnies congolaises partageant leur langue avec les pays voisins. Question de ne pas entretenir les confusions ayant trait à la langue ;
- Apprendre aux Nord-kivutiens le danger de restreindre l'usage d'une langue dans ses limites géographiques surtout, quant on sait que de nos jours, avec le mouvement des populations dans le monde, les limites géographiques ne coïncident pas toujours avec les limites linguistiques ;
- Faire des campagnes de sensibilisation visant à apprendre à la population du nord Kivu que le kinyarwanda (avec ses dialectes) fait partie du patrimoine linguistique de la RD Congo même s'il est également parlé en dehors du pays.
- Ne pas reconnaître cette langue c'est accepter en quelque l'idée de céder aux pays voisins les territoires congolais où ladite langue est parlée ;
- Sanctionner tout discours qui prône la division entre personnes, y compris celui encourageant la haine vis-à-vis des vrais étrangers car l'hospitalité doit continuer à faire partie de nos valeurs culturelles ;
- Faire en sorte que toutes les communautés vivent en parfaite harmonie en respectant l'équilibre régionale dans le partage des tâches au sein de la province c'est-à-dire faire un travail de synergie qui laisse à chaque tribu le soin d'affirmer en toute quiétude son génie créateur au service des autres ;
- etc.

1.3 METHODOLOGIE DU TRAVAIL

A l'heure de l'interdisciplinarité, il n'est pas facile de s'accrocher sur une et une seule méthode sans faire référence à d'autres. Sinon, on le fait (même inconsciemment) sans pouvoir les énumérer toutes. En ce qui concerne ce travail, nous nous sommes servi principalement de la méthode sociolinguistique appuyée par la technique documentaire et le sondage.

La technique documentaire : grâce à elle, nous avons pu consulter les documents physiques et électroniques disponibles pour confectionner ce travail. Nous avons pu consulté quelques ouvrages et quelques articles en version électronique traitant les causes qui ont occasionné le génocide au Rwanda. « ...l'idéologie d'exclusion ethnique a servi de base aux massacres commis contre les Tutsi du Rwanda depuis la fin des années 1950 » (MELVERN : 150).

La Méthode sociolinguistique : elle nous a permis de comprendre l'image que d'autres communautés (dans l'ensemble) font ouvertement ou non vis-à-vis des locuteurs qui s'expriment en kinyarwanda, particulièrement dans la Province du Nord-Kivu.

C'est grâce à cette approche que nous avons pu dénicher quelques discours des politiciens, le jugement pas très joli porté sur l'ensemble des locuteurs qui s'expriment en kinyarwanda en RD Congo, particulièrement dans la partie Est.

2 REVUE DE LA LITTÉRATURE

Dans cette partie, nous allons essayer d'expliquer les concepts qui constituent les mots clés pour cette étude :

- Aire linguistique :

Une aire linguistique, également dénommée union linguistique, aire de diffusion linguistique, aire de convergence linguistique, ligue linguistique ou par sa désignation allemande *Sprachbund* (pluriel *Sprachbünde*), est un groupe de langues parlées sur des espaces géographiquement voisins, partageant un ensemble de caractéristiques distinctives qui ne proviennent pas d'une origine commune, mais qu'elles ont développées par influences mutuelles du fait des contacts de leurs locuteurs.

En ce qui nous concerne, la RDC comprend des langues avec lesquelles qu'elle partage avec les pays périphériques. C'est aussi le cas du kinyarwanda parlé également au Rwanda. Compte tenu du lot des situations pas très jolies avec ce dernier, la plupart des congolais ont du mal à accepter que le kinyarwanda, souvent catalogué comme « langue des ennemis », fasse partie du paysage linguistique de la RD Congo tout en rejetant de ce fait tout ce qui a trait à cette langue c'est-à-dire les populations à expression kinyarwanda.

- Le kinyarwanda :

Le kinyarwanda est une langue bantoue. C'est la langue nationale du Rwanda, il est employé par la quasi-totalité de la population rwandaise (près de 11 millions de locuteurs) à quelques petites différences d'accents propres à certaines régions. Cette langue est aussi parlée au sud de l'Ouganda et à l'Est de la RD Congo. Le kirundi, qui est très proche du kinyarwanda, est parlé au Burundi par 9 millions de personnes ; tout comme le giha, parlé à l'ouest de la Tanzanie par près d'un million de personnes.

Cette langue, bien qu'elle soit la langue officielle du Rwanda, son expansion dépasse les frontières géographiques du Rwanda, on le retrouve hors du Rwanda et un peu partout à travers le monde.

On ne peut pas parler de kinyarwanda sans faire allusion aux populations qui le parle c'est le « banyarwanda », concept que nous essayerons d'expliquer au point qui suit.

- Le Banyarwanda :

Le concept « Banyarwanda » peut être compris sous deux acceptations : restreinte et large.

Pris au sens restreint, le terme « Banyarwanda » pluriel de « Munyarwanda » est un nom générique donné à ceux qui parlent les Kinyarwanda habitant le Nord - Kivu.

Il désigne sans tri les originaires de Bwisha dans le territoire de Rutshuru. A ceux - ci il faut ajouter les descendants des conquérants Tutsi arrivés à la fin du 19^{ème} siècle sous le règne du souverain RWABUGIRI, les déplacés de la Mission d'Immigration Banyarwanda (M.I.B.) et les réfugiés Tutsi de 1961.

Pris au sens large, le terme Banyarwanda, selon JP Laurent (1999 :17) est une appellation d'usage courant dans l'Est de la République Démocratique du Congo. Il sert à désigner toutes les personnes installées dans la région et ayant en commun des racines culturelles et / ou géographiques Rwandaises, ainsi que l'usage de la langue Kinyarwanda parlée au Rwanda voisin.

Cette désignation, très globalisante, s'applique aux groupes ci -après :

- Les Banyamulenge du Sud - Kivu ;
- Les Hutu, Tutsi et Twa regroupés sous l'appellation Banyabwisha habitant depuis de siècles dans le territoire de Rutshuru au Nord - Kivu ;
- Les descendants des Hutu et Tutsi arrivés au début du siècle passé ;
- Les réfugiés Hutu et Tutsi fuyant les violences politico - ethniques au Rwanda de 1961 et 1994 ainsi que tous les clandestins rwandophones ayant traversé les frontières de la République Démocratique du Congo.

En gros, les communautés congolaises à expression kinyarwanda du Nord- kivu sont répartis entre les groupes qui constituent les deux principales composantes de la population du Rwanda, à savoir les Hutu et les Tutsi. Il va donc de soi que les événements politiques successifs survenus depuis 1959, dans ce pays frontalier du Nord-Kivu, ont eu sur ce dernier un double impact :

a) démographique et socio-économique :

Avec l'arrivée de réfugiés tutsi et leur installation dans le territoire du Masisi qui, plus tard, va connaître un essor économique très important, mais ne répondant pas aux attentes des populations autochtones, les Hunde et autres, devenues minoritaires et seront pas vraiment intégrées dans cette nouvelle dynamique du développement. Soulignons ici que le développement porte essentiellement sur l'élevage du gros bétail. Or, les Hunde, tout comme les Nyanga et les Tembo, sont tous des agriculteurs. D'où leur marginalisation ;

b) politique :

Du fait de l'exportation en RD Congo des conflits internes du Rwanda, à travers le clivage ethnique hutu-tutsi.

A partir de 1990 également, dans sa lutte contre le Front patriotique rwandais (FPR), le feu Président Juvénal Habyarimana, avait organisé une déstabilisation extérieure des Tutsi en s'appuyant sur les autorités politico-administratives du Kivu (Nord et Sud).

Parallèlement, il va officiellement envoyer des agents dans les communautés rwandophones du Nord-Kivu en leur donnant comme mission de dresser les Hutu congolais contre leurs compatriotes tutsi. C'était en quelque sorte une réponse à l'enrôlement massif des jeunes Tutsi originaires de cette province dans le FPR au début des années 1990. De la sorte, les conflits locaux prirent une coloration non plus interethnique, mais bien intra-ethnique au sein de l'ensemble du groupe des communautés rwandophones.

- Nord-Kivu :

Le Nord-Kivu est l'une des 26 provinces de la RD Congo. Géographiquement, elle voisine la province du Sud-Kivu au sud, le Maniema à l'ouest et les provinces d'Ituri au nord et de Tshopo à l'ouest. À l'est, elle est limitée par l'Ouganda et le Rwanda. Le chef-lieu de la province est Goma.

La province du Nord-Kivu fait partie de ce qui est communément appelé le Grand Kivu suite aux remaniements administratifs successifs qu'a connus cette région au fil des ans. Après plusieurs découpages administratifs, la région a été divisée en trois parties, à savoir le Maniema avec comme chef-lieu Kindu ; le Nord-Kivu dont le chef-lieu est Goma et enfin, le Sud-Kivu avec Bukavu. Située à l'extrême Est du pays, la province du Nord-Kivu s'étend sur 59 631 km². Elle est découpée en six territoires (Beni, Lubero, Masisi, Nyiragongo, Rutshuru et Walikale) et trois villes : Goma, le chef-lieu de la province, Beni et Butembo.

3 CONCLUSION

La question des identités tribales, devenue aujourd'hui meurtrière, est un danger permanent quand on lit en amont l'histoire de la RD Congo. Cependant, on peut considérer le moment de la crise du Zaïre clôturée par les guerres de libération conduite par le feu Mzee Laurent Désiré Kabila dont les séquelles continuent jusqu'à ce moment précis.

Ce qui fait en quelque que la question des communautés « banyarwanda » sur le territoire congolais constitue « le caillou dans la chaussure » surtout avec la propagande médiatique qui diabolise les communautés congolaises s'exprimant en kinyarwanda sans exception.

En outre, si les groupes armés s'imposent à l'Est c'est parce que l'armée régulière, à qui revient la mission de protéger l'ensemble du pays, vit non seulement dans des conditions de ne lui permettant pas d'assurer convenablement l'ordre et la sécurité mais également elle est dans une sorte de faiblesse psychologique qui ne dit pas son nom. Ce qui explique le fait que dans les endroits où elle essaye d'exister, ses méthodes ne diffèrent pas du tout avec celles des miliciens.

Face à cela, l'État devrait créer des conditions qui permettent aux congolais d'avoir le sentiment d'appartenir à une seule nation et leur donner l'envie de vivre ensemble et de rêver une paix durable. En d'autres termes, travailler pour une sécurité sereine et une cohabitation pacifique entre toutes ethnies congolaises y compris les pays qui nous entourent.

Nous pensons que la diplomatie des bombes ne pourra en aucune façon résoudre en profondeur les vrais problèmes qui se posent et s'imposent dans le pays étant donné que l'usage des armes a montré ses limites dans les résolutions de conflit à l'Est, et surtout, parce qu'il est problème en lui-même.

La résolution des tensions ethniques en RD Congo est loin d'être militaire, elle est dans l'éthique des gouvernants et dans la responsabilité de toutes les communautés congolaises à trouver encore des raisons d'être et de vivre ensemble.

La formule, récemment prônée le Chef de l'État Joseph Kabila, de combiner les volets militaire, diplomatique et politique pour résoudre la crise, malgré qu'elle soit une belle réussite littéraire et rhétorique, elle ne mène nulle part jusqu'aujourd'hui.

A notre avis, pour que la RD Congo décolle parfaitement, elle ne devra pas avoir peur d'adopter quelques principes universels tels que : jouer le jeu de l'alternance politique et de la gestion transparente, garantir la justice et les libertés individuelles, assurer un partage équitable des ressources nationales en travaillant pour les ethnies congolaises, pratiquer le vivre-ensemble, travailler sur la cohésion nationale, etc. Il en va de même pour l'Afrique en général.

REFERENCES

- [1] KA MANA, Changer les imaginaires. Pour sortir de la guerre à l'Est de la République Démocratique du Congo, éd. Izuba, 2016.
- [2] MELVERN Linda, complicité de génocide. Comment le monde a trahi le Rwanda, karthala, Paris, 2010.
- [3] CLUB NYIRAGONGO, contribution à la connaissance des peuples de l'Est de la RD CONGO. Cas des hutu du nord Kivu, éd. « Droit et vérité », kinshasa, 2002.
- [4] CONGO-AFRIQUE, « les enjeux de la paix et du developpemnt en Afrique et en RD Congo à travers populorum progressio », n°450 decembre 2010.
- [5] P.J., LAURENT, « Déstabilisation des paysanneries au nord-Kivu, migration, démocratisation et tenure, in Cahier du CEDAF, n°39-40, Harmattans, Tervuren, 1999, p. 74.
- [6] MUCCHIELLI Roger, Psychologie de la publicité et de la propagande, Paris, ESF, 1970.
- [7] CALVET, Louis-Jean, « L'insécurité linguistique et les situations africaines » dans Une ou des normes ? Insécurité linguistique et normes endogènes en Afrique francophone, Paris, 1998, Agence de la francophonie, Louis-Jean et Moreau, Marie-Louise (Éditeurs), 1998.
- [8] LECLERC, Jacques. Langue et société, Laval, Mondial Éditeur, coll. « Synthèse » ,1992.
- [9] NGALASSO, Mwatha Musanji. « État des langues de l'État du Zaïre » dans Politique africaine, no 23, Paris, Karthala, septembre 1986, p. 6-27.
- [10] <https://www.cairn.info/revue-guerres-mondiales-et-conflits-contemporains-2007-1-page-121.htm> (consulté le 1/12/2012)
- [11] <http://www.cjf.qc.ca/fr/relations/article.php?ida=466> (consulté le 1/12/2016)
- [12] file:///C:/Users/Jacques/Documents/RDCongo_%20Banyarwanda%20contre%20Nande,%20l'autre%20guerre%20du%20Nord-Kivu%20-%20JeuneAfrique.com.html (consulté le 2/12/2012)
- [13] https://fr.wikipedia.org/wiki/Aire_linguistique (consulté le 4/12/2016)
- [14] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Kinyarwanda> (consulté le 4/12/2016)
- [15] http://www.memoireonline.com/07/10/3755/m_La-question-Banyarwanda-du-local-au-national-une-problematique-nouvelle-en-RDC2.html (consulté le 6/12/2016)
- [16] <https://www.cairn.info/revue-afrique-contemporaine-2003-3-page-147.htm> (consulté le 9/12/2016)
- [17] <http://www.la-croix.com/Monde/Afrique/En-RD-Congo-mystere-massacres-Beni-2016-05-19-1200761354> (consulté le 9/12/2016)
- [18] <http://www.congo-tourisme.org/visiter-la-rdc/nord-kivu/?lang=en> (consulté le 10/12/2016)
- [19] https://www.google.rw/?gws_rd=cr&ei=lvFQWlaGJYGwU6SxgcgN#q=les+langues+de+la+Province+du+Nord+kivu (consulté le 10/12/2016)

Caractéristiques morphologiques et physico-chimiques des sols savaniques le long de toposéquences à Gogbala dans le Nord de la Côte d'Ivoire

[Morphological and physico-chemical properties as affected by savanna soils along toposequences in Gogbala (Northern Côte d'Ivoire)]

Adéchina Olayossimi¹, Ouattara Amidou¹, and N'Ganzoua Kouamé René²

¹Département des Sciences du Sol, Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la terre et des Ressources minières, Abidjan, Côte d'Ivoire

²Département de Pédologie, Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study is focused on the soil morphological and physico-chemical characteristics of soils influenced by the topographical factor in Savanna area. It was carried out along three toposequences in Gogbala area of Korhogo Department, Northern Côte d'Ivoire. Soil samples were collected at each topographic unit, namely, upper slope positions, mid slope positions and bottom slope positions. Samples collected were air-dried, crushed and sieved in a 2 mm sieve preparatory to laboratory analysis. The results showed that Cambisols are the dominant soils in the study area; these are characteristic soils of reddish brown (2.5YR 4/6) to yellowish brown (10YR 4/2) at the upper and mid slope positions, and grey (10YR 5/1) at the lower slope positions. These are well drained soils whose genesis is considered to have been predominantly influenced by climate in which they occur. The profiles are weak fine granular transformation and evident changes in soil structure, color and clay content. They are dominated by sandy loam textures. Organic matter and N, available P, Exchangeable Ca, Mg contents, CEC are in the range of low to medium values. The pH values of the samples are acid (pH < 6). Fertility is low. Therefore, to perform agricultural managements in Gogbala area, decision-makers should take into soil morphological and physico-chemical characteristics consideration, suggest the need of integrated nutrient management with addition of both organic and inorganic fertilizers in the land units.

KEYWORDS: Soil, characteristics, cambisols, toposequences, Côte d'Ivoire.

RESUME: Une étude de la caractérisation des sols a été réalisée à Gogbala, village situé au Nord de la Côte d'Ivoire en zone de savane. Trois toposéquences ont été mises en place. Sur chacune d'elles, trois fosses pédologiques ont été implantées selon les positions topographiques de haut de versant, mi-versant et bas de versant. Toutes les fosses ont été décrites et des échantillons de sols ont été prélevés au niveau de chaque horizon. Après séchage à l'air libre, ces échantillons ont été tamisés à 2mm, puis analysés en laboratoire. Il ressort de cette description et de ces analyses que tous les sols de la zone d'étude sont des cambisols. Ces sols rouges vifs ou bruns orangés en haut de versant et en mi-versant, puis gris au bas de versant, sont acides (pH < 6) et profonds avec un taux de sable élevé et un taux d'argile faible sur l'ensemble. La matière organique est plus élevée en surface qu'en profondeur au niveau des segments topographiques de haut de versant et de mi-versant. Cependant, le phénomène contraire est observé au bas de versant. Par ailleurs, la capacité d'échange cationique (CEC) est généralement normale mais la somme de bases échangeables est faible à très faible au niveau de tous les profils. Ces sols de Gogbala présentent un niveau de fertilité bas à moyen et ne peuvent assurer une production optimale des plantes en général.

MOTS-CLEFS: Sols, caractérisation, cambisols, toposéquences, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

En Afrique tropicale et particulièrement en Côte d'Ivoire, l'agriculture constitue le principal facteur responsable de la dégradation du couvert forestier [1]. Les agriculteurs locaux pratiquent une agriculture itinérante, caractérisée par la recherche des terres fertiles [2], après épuisement de celles en exploitation [3]. Nous assistons à une baisse de la productivité et à une dégradation multifforme du milieu naturel [4]. Or la pratique d'une agriculture durable implique la compréhension de la relation entre le peuplement végétal cultivé et la qualité du sol. En effet, ces deux facteurs déterminent l'efficacité et la durabilité du système de culture [5]. Cependant, en région tropicale humide, la mise en valeur des terres rencontre des difficultés souvent liées à l'inadéquation des pratiques culturales au regard des caractéristiques des sols ([6] ; [7]). Par ailleurs, la seule fertilisation minérale ne permet pas à long terme de maintenir ou d'accroître le potentiel de productivité des sols [8] à cause de la dégradation des propriétés physiques, chimiques et physico-chimiques du sol. Dès lors, la connaissance et la maîtrise de ces propriétés constituent un préalable à une bonne pratique agricole. C'est la raison pour laquelle ce travail a été initié pour faire l'état des potentialités agricoles des sols dans le Nord de la Côte d'Ivoire en vue d'apprécier leur aptitude culturale. Il s'agit plus spécifiquement d'évaluer les caractéristiques physiques, chimiques et physico-chimiques actuelles des sols dans cette zone. Cette étude est une contribution plus approfondie pour une gestion durable et rationnelle des sols en Côte d'Ivoire. Elle constitue un support utile dans une perspective appliquée à la mise en valeur agricole des terres et peut servir de base solide à la recherche agronomique. Elle apportera son concours à la solution de problèmes touchant à la gestion des ressources naturelles, en particulier à la conservation des terres.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 LOCALISATION ET DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE

L'étude a été menée à Gogbala (9°07 de latitude Nord et 5°28 de longitude Ouest), un village situé à 50 km de Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire). Le département de Korhogo est caractérisé par un climat tropical de type soudano-guinéen à deux saisons (une saison sèche de novembre à avril et, une saison pluvieuse de mai à octobre). L'essentiel des précipitations se concentre de juillet à septembre avec une pluviométrie moyenne annuelle de 1200 mm. La température moyenne annuelle est de 27°C [9]. Gogbala appartient à la zone phytogéographique sub-soudanienne avec une mosaïque de forêts et de savanes où l'on trouve des îlots de forêts denses et sèches, des forêts claires, des forêts galeries, des savanes arborées, des savanes arbustives et des savanes herbeuses [1]. Les formations géologiques de la zone sont constituées essentiellement de roches granitiques, de granodiorites, de schistes indifférenciés et de schistes sériciteux, dont dérivent plusieurs types de sols, à savoir : des Ferralsols, des Cambisols, des Fluvisols et des Luvisols [2]. Ce site d'étude couvre une superficie de 2 hectares.

2.2 MATÉRIEL

Le matériel utilisé est le matériel usuel d'étude de terrain ayant servi à l'implantation des toposéquences et à l'ouverture des fosses pédologiques, puis le matériel usuel d'étude en laboratoire.

2.3 MÉTHODES

2.3.1 CARACTÉRISATION MORPHOPÉDOLOGIQUE

Trois toposéquences ont été implantées sur le site d'étude, avec trois fosses pédologiques (A, B et C) par transect (Figure 1). Le repérage des trois fosses pédologiques ouvertes a été basé sur un dispositif d'échantillonnage à probabilité inégale [10]. Les fosses pédologiques, espacées d'au moins 200 m (figure 2), ont une profondeur maximale de 1,2 m, en absence de contrainte naturelle. Chaque profil a été identifié par sa position topographique (HV : haut de versant, MV : mi-versant et BV : bas de versant) suivant le modèle décrit par [11]. La classification scientifique utilisée est celle adoptée par [12].

À l'emplacement des fosses, des coordonnées géographiques ont été relevées. Ces fosses pédologiques ont été décrites, horizon par horizon. Les variables étudiées sont : la couleur, la texture, la charge en éléments grossiers, la profondeur, etc. Les descriptions portant sur l'ensemble des toposéquences sont résumées dans le tableau III.

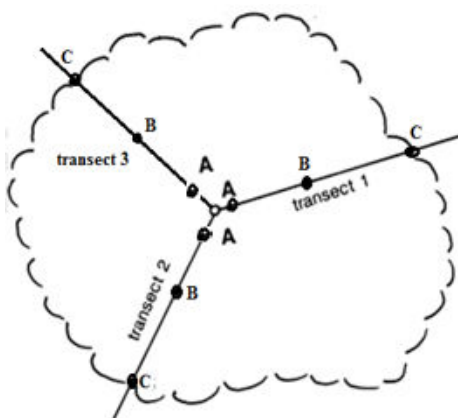


Fig. 1. Structure des toposéquences réalisées dans le paysage du site d'étude

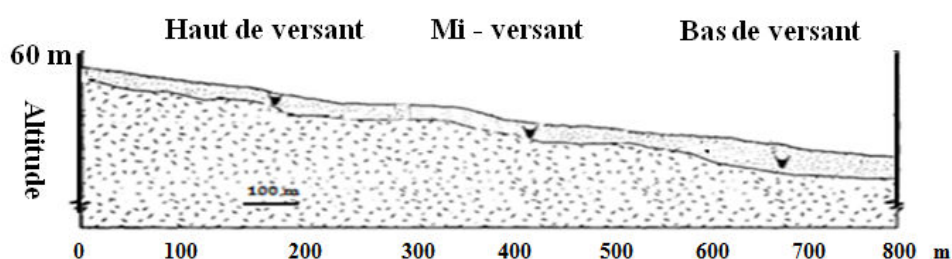


Fig. 2. Structure d'une toposéquence sur le site d'étude

- **Couleur**

La couleur est déterminée à l'aide de la Charte des couleurs de Munsell. Le drainage interne a été apprécié à partir de la couleur du sol.

- **Texture**

La texture (proportion relative d'argile, de limon et de sable), s'est faite sur le terrain, par la méthode tactile, décrite par [13].

- **Charge en éléments grossiers**

Pour l'appréciation du taux d'éléments grossiers, des échantillons du sol de chaque couche identifiée ont été prélevés, séchés à l'air libre, sous abri, puis pesés. On obtient une masse P_1 . Ensuite, on effectue un tamisage sur un tamis à maille de 2 mm de diamètre, puis, on pèse à nouveau le refus constitué d'éléments grossiers. On obtient une deuxième masse P_2 . Enfin, le pourcentage est obtenu par calcul selon la formule suivante [14] :

$$X \text{ (p.c.)} = \frac{P_2}{P_1} \times 100$$

Où P_1 correspond à la masse totale de terre prélevée avant tamisage, P_2 à la masse obtenue après tamisage et X au pourcentage d'éléments grossiers.

La nature des éléments grossiers a été déterminée sur le terrain ; il s'agit de concrétions ferrugineuses, de graviers et cailloux de quartz, de nodules ferrugineux ; leur taux pondéral a été évalué selon trois niveaux définis par [15] : inférieur à 20 p.c. ; 20 à 50 p.c. et supérieur à 50 p.c.

• Profondeur

Au cours des sondages, la profondeur du sol a été déterminée grâce aux graduations du mètre ruban. L'observation de la structure a permis d'apprécier la présence ou non d'agrégats.

• Collecte des échantillons de sols

Au niveau de chaque catena [16] : haut de versant (HV), mi-versant (MV) et bas de versant (BV), des échantillons de sols sont prélevés. Le prélèvement se fait, horizon par horizon et du bas vers le haut, à l'aide du couteau du pédologue et d'une bêche. Après séchage à l'air libre, les échantillons de sols sont tamisés à 2 mm, puis mis en sachets et soigneusement étiquetés au marker, pour les analyses chimiques en laboratoire.

2.3.2 ANALYSES EN LABORATOIRE

Les analyses ont été réalisées au laboratoire des sols et des végétaux de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB) de Yamoussoukro, en Côte d'Ivoire selon les méthodes standards [17]. Elles ont concerné la granulométrie, le carbone (C), le pH, l'azote (N), le phosphore (P) et la capacité d'échange cationique (CEC). La teneur en matière organique (MO) est calculée par la multiplication de la teneur en carbone par 1.72. Ces différentes valeurs ont été confrontées aux valeurs standards basées sur [18] (Tableau I) et à des travaux antérieurs ([19] ; [20] ; [21]) (Tableau II).

Tableau 1. Taux de fertilité du sol à partir de ses différents constituants [18]

Taux de fertilité	MO (mg g ⁻¹)	C (mg g ⁻¹)	N (mg g ⁻¹)	C/N
Très bas	<10	<6	<0,5	<8
Bas	10-20	6-10,25	0,5-1,25	8-10
Moyen	20,1-40,2	10,26-20,5	1,26-2,25	11-15
Élevé	40,3-60	20,51-30,5	2,26-3	16-25
Très élevé	>60	>30,5	>3	>25

Tableau 2. Valeurs indicatives d'interprétation des propriétés chimiques des sols

Propriétés chimiques	Valeurs des propriétés chimiques et limitations correspondantes				
C.E.C (cmol/kg)	< 2 Très faible	2 à 3 faible	3 à 8 normale	8 à 15 élevé	> 15 très élevé
S (cmol/kg)	< 1,5 Très faible	1,5 à 3 faible	3 à 6 moyenne	6 à 12 bonne	> 12 très bonne
V=S*100/ CEC (en %)	-	< 50 désaturé	50 à 70 Moyennement saturé	> 70 saturé	-
pH eau	< 5,0 Très faible	5,0 à 5,5 faible	5,5 à 6,0 Optimale	> 7,0 élevé	-

Source : [19] ; [20] ; [21]

3 RESULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES MORPHOPÉDOLOGIQUES

• Couleur

- ✓ Rouge : Les sols observés sont rouges vifs ou bruns orangés (2,5YR), sur les segments topographiques de haut de versant et de mi-versant.
- ✓ Taches grisâtres et rouilles : C'est le cas des sols argileux gris de bas-fonds soumis à des inondations périodiques, observés au bas de versant (10 YR).

• Profondeur

Les sols étudiés sur le site sont des "sols profonds". Leur épaisseur est proche de 1,20 m.

- **Texture**

Hormis les sols de bas de versant, les sols observés en haut de versant et à mi-versant, sont sableux. Au bas de versant, les sols argileux ont une faible porosité, l'eau s'infiltre lentement, avec une bonne capacité à stocker l'eau et les éléments minéraux. L'on note également la présence d'une charge grossière (graviers, cailloux ou blocs), notamment en haut de versant.

La distribution des types de sols est présentée par la figure 3 et les remarques générales, portant sur l'ensemble des profils de sols sont résumées dans le tableau III.

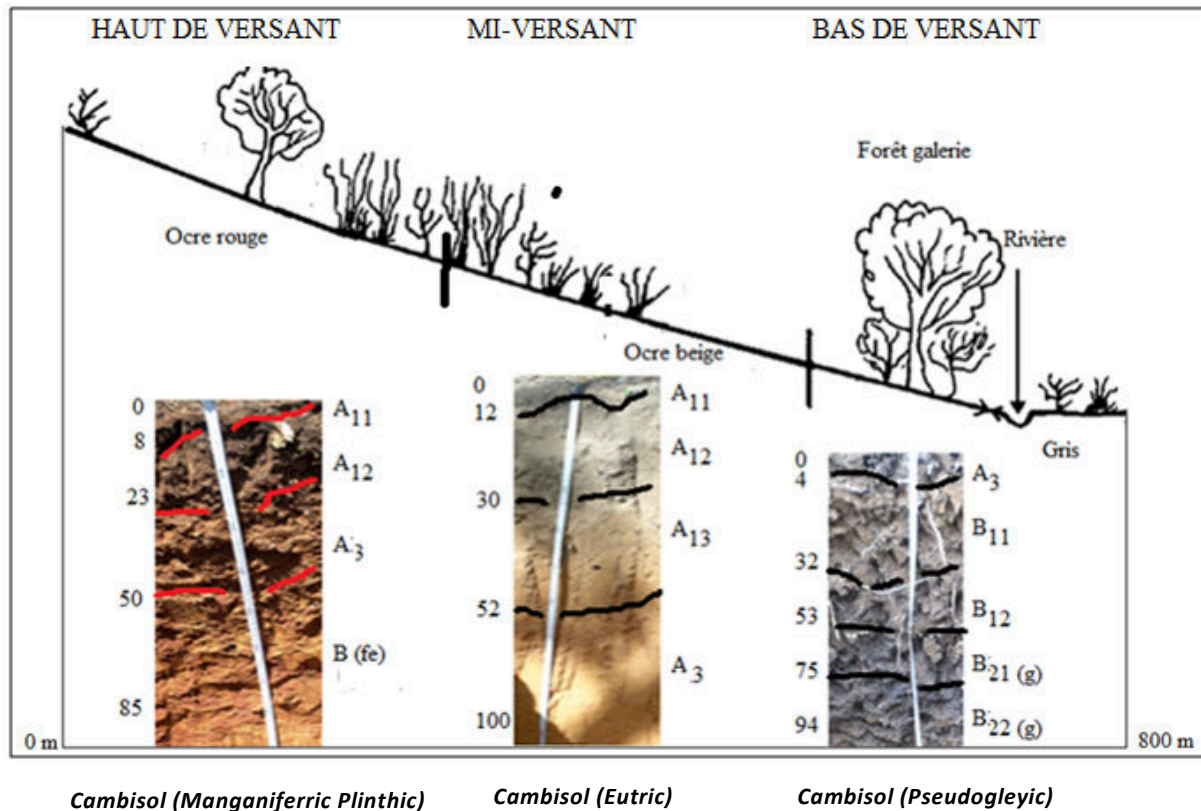


Fig. 3. Séquence verticale et nomenclature des horizons des profils

Tableau 3. Caractéristiques des profils de Gogbala

Position topographique	Epaisseur	Couleur	Texture	Structure	Cohésion	Porosité	Racines	Classe de Drainage
Haut de versant Cambisol (Manganiferric Plinthic)	0 - 8 A ₁₁	Brun 2,5 YR 3/1	SA	Polyédrique	Cohérent	Poreux	Nombreuses	1,8
	8 - 23 A ₁₂	Brun 2,5 YR 3/2	SA	Grumeleuse	Cohérent	Poreux	Nombreuses	3
	23 - 50 A ₃	Brun 2,5 YR 4/4	SA	Polyédrique	Cohérent	Poreux	Quelques	4,8
	50 - 85 B (fe)	Brun 2,5 YR 4/4 tacheté jaunâtre 7,5 YR 5/8	SA	Poly_sub	Cohérent	Poreux	Rares	6,2
Mi-versant Cambisol (Eutric)	0 - 12 A ₁₁	Brun 7,5 YR 4/1	SA	Polyédrique	Meuble	Poreux	Nombreuses	1,6
	12-30 A ₁₂	Brun 10 YR 6/2	SAL	Polyédrique	Meuble	Poreux	Nombreuses	1,8
	30 - 52 A ₁₃	Brun 10 YR 7/3	SA	Poly_sub	Meuble	Poreux	Nombreuses	3,6
	52 - 100 A ₃	Brun 5 YR 5/6, tache jaune ocre, 10 YR 7/6	SA	Poly_sub	Meuble	Poreux	Quelques	2,5
Bas de versant Cambisol (Pseudogleyic)	0 - 4 A ₃	Brun 10 YR 5/2	SLA	Polyédrique	Cohérent	Peu poreux	Nombreuses	4,8
	4 - 32 B ₁₁	Brun 7,5 YR 3/3	SLA	Poly_sub	Cohérent	Peu poreux	Nombreuses	4,8
	32 - 53 B ₁₂	Brun grisâtre 7,5 YR 2,5/2 Tache rouille 7,5 YR 5/2	SLA	Poly_sub	Cohérent	Peu poreux	Très nombreuses	4,8
	53 - 75 B ₂₁ (g)	Brun grisâtre 10 YR 2/1 Tache rouille 10 YR 2/2	AS	Poly_sub	Cohérent	Peu poreux	Très nombreuses	6,8
	75 - 94 B ₂₂ (g)	Brun grisâtre 5 YR 4/3 Tache rouille 10 YR 6/2	AS	Poly_sub	Cohérent	Peu poreux	Quelques	7

Poly_sub : Polyédrique subanguleuse ; AS : argilo-sableux ; SA : sablo-argileux ; SAL : sablo-argilo-limoneux ; SLA : sablo-limono-argileux

3.2 VARIABLES CHIMIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES

Le tableau IV présente les caractéristiques chimiques et physico-chimiques des sols portées sur le pH, la matière organique, l'azote, le calcium, le magnésium, le potassium, la capacité d'échange cationique et la somme des bases échangeables. Toutes ces caractéristiques sont déterminées après analyses d'échantillons de sols en laboratoire à l'aide de méthodes standardisées.

Tableau 4. Résultats d'analyses d'échantillons de sols en laboratoire

Position topographique	Horizons	Profondeur (cm)	pH eau	pH KCl	ΔpH	cmolkg ⁻¹					p.c. V	Réserves utilisables
						CEC	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	S		
Haut de versant	A ₁₁	0 - 8	6,1	5,6	0,5	21,6	1,77	0,55	0,04	2,4	10,9	Médiocres
	A ₁₂	8 - 23	5,6	5,0	0,6	22,7	1,86	0,57	0,04	2,5	10,9	
	A ₃	23 - 50	4,3	3,6	0,7	17,8	1,61	0,41	0,04	2,1	11,6	
	B (fe)	50 - 85	4,7	3,5	1,2	11,6	0,87	0,32	0,05	1,2	10,6	Faibles
Mi-versant	A ₁₁	0 - 12	6,6	6,0	0,6	21,7	1,96	0,49	0,04	2,5	11,5	médiocres
	A ₁₂	12-30	4,4	3,8	0,6	16,7	1,59	0,36	0,04	2,0	11,9	
	A ₁₃	30 - 52	4,5	3,9	0,6	12,8	1,22	0,28	0,04	1,5	12,0	
	A ₃	52 - 100	4,9	4,2	0,7	6,5	0,40	0,22	0,06	0,7	10,4	Faibles
Bas de versant	A ₃	0 - 4	6	5,2	0,8	9,4	0,77	0,24	0,04	1,1	11,2	Faibles
	B ₁₁	4 - 32	6,8	6,1	0,7	11,5	1,10	0,25	0,04	1,4	12,0	
	B ₁₂	32 - 53	5,9	5,1	0,8	11,6	1,05	0,26	0,04	1,4	11,7	
	B ₂ (g)	53 - 75	5,5	4,8	0,7	9,5	0,90	0,20	0,04	1,1	12,1	
	B ₂₂ (g)	75 - 94	5,7	5,0	0,7	4,4	0,27	0,15	0,06	0,5	10,8	

S représente la somme des principaux cations échangeables (Ca²⁺, Mg²⁺ et K⁺) ;

V exprime le coefficient de saturation du complexe absorbant.

pH : On note que les sols étudiés sont tous acides. En haut de versant, l'on passe d'un milieu faiblement acide en surface (A_{11} ; pH 6,1) à un milieu très acide (pH 4,3 à 4,7) dans les horizons argileux de profondeur. A mi-versant, il en est de même de la surface à la profondeur (pH 6,6 à pH 4,4 à 4,9). Au bas de versant, la réaction de l'ensemble du sol superficiel est légèrement acide à proche de la neutralité, avec respectivement, un pH 6 en A_3 et pH 6,8 en B_{11} . En profondeur, la réaction de l'ensemble des horizons est moyennement acide avec des pH oscillant entre 5,5 et 5,9. Le ΔpH varie 0,5 à 1,2. L'acidité de réserve observée est faible (écart < 0,5), moyenne ($0,6 < \text{Ecart} < 1$) et élevée (écart > 1). En haut de versant, l'écart augmente avec la profondeur : $\Delta pH = 0,5$ en A_{11} , puis passe à 0,6 en A_{12} , pour atteindre 0,7 en A_3 . Enfin, cet écart est supérieur à 1 dans l'horizon profond B (fe). A mi-versant et au bas de versant, le ΔpH est compris entre 0,6 et 1 ($0,6 < \text{Ecart} < 1$).

Capacité d'échange cationique : La CEC indique des valeurs au-dessus de la valeur critique, nécessaire à la productivité du sol. Les plus faibles valeurs de la CEC s'observent au bas de versant. Il serait intéressant de relier cette information avec l'historique de mise en valeur des terres.

Somme des bases échangeables (S) : Hormis les horizons de profondeur : B (fe) et A_3 , respectivement, en haut de versant et à mi-versant, la somme des bases échangeables est faible ($1,5 \text{ cmolkg}^{-1}$ à 3 cmolkg^{-1}). Quant à B (fe) et A_3 , la somme des bases échangeables est très faible. Il en est de même pour les horizons du bas de versant ($S < 1,5 \text{ cmolkg}^{-1}$). Les éléments nutritifs biodisponibles du sol sont présents dans l'ordre $\text{Ca} > \text{K} > \text{Mg}$. Les concentrations de Ca et K diminuent lorsque la profondeur augmente. Les concentrations de Mg présentent des variations identiques d'un segment topographique à un autre.

Complexe adsorbant : La capacité d'échange des argiles est de l'ordre de 20 cmolkg^{-1} : $21,6$ à $22,7 \text{ cmolkg}^{-1}$ dans les horizons de surface A_{11} et A_{12} , en haut de versant. A mi-versant, elle est de $21,6 \text{ cmolkg}^{-1}$ dans l'horizon A_{11} . Sur l'ensemble du profil de bas de versant, et sur les horizons de profondeur de haut de versant et de mi-versant, la capacité d'échange des argiles est inférieure à 20 cmolkg^{-1} (4 à 18 cmolkg^{-1}).

Réserve utile : En haut de versant et au bas de versant, les réserves utilisables sont médiocres dans les horizons de surface et faibles en profondeur. Au bas de versant, elles sont faibles dans tous les horizons.

3.3 GRANULOMÉTRIE ET MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL

Au niveau de tous les segments topographiques, la teneur en argile n'est jamais élevée. (Argile généralement inférieure à 350 gkg^{-1} , excepté l'horizon B_{11}). En haut de versant comme au bas de versant, l'on observe une élévation du taux d'argile de l'horizon de surface à l'horizon sous-jacent, puis une diminution vers les horizons inférieurs. Quant au mi-versant, le taux d'argile diminue des horizons de surface vers les horizons de profondeur. Le sable constitue la fraction granulométrique dominante (plus de 750 gkg^{-1} , soit 75 %) sur tous les segments topographiques. Il a été observé une teneur du sol en matière organique plus élevée en surface (moins de 40 cm) qu'en profondeur. Ce caractère s'observe aussi bien en haut de versant qu'en mi-versant. Au bas de versant, la teneur la plus élevée en matière organique est observée à l'horizon B_{21} . Le rapport C/N qui traduit l'état de minéralisation de la matière organique n'est pas stable sur tous les segments topographiques. Ce sont des sols mal drainants à Gogbala. Dans l'ensemble, Les besoins des sols en azote ne sont pas couverts (généralement $\text{C/N} < 15$), pour la minéralisation de ces matières organiques. Ces types de sol présentent un niveau de fertilité bas à moyen et ne peuvent assurer une production optimale des plantes en général. Tous ces résultats sont résumés dans le tableau V.

Tableau 5. Valeurs de la granulométrie et de la matière organique des profils

P.T.	Profondeur/Horizons/ Teinte	Texture (gkg ⁻¹)			MO (gkg ⁻¹)	C/N
		Sable	Limon	Argile		
Haut de versant	0 - 8 A_{11} 2,5 YR 3/1	718,8	191,2	89,9	17,6	4,8
	8 - 23 A_{12} 2,5 YR 3/2	735,8	124,2	140	16,5	8
	23 - 50 A_3 2,5 YR 4/4	811,3	131,9	56,8	11	11,4
	50 - 85 B (fe) 2,5 YR 4/4	830,9	126,3	42,8	7,3	11,1
Mi-versant	0 - 12 A_{11} 7,5 YR 4/1	658,9	240,7	100,3	19,3	12,6
	12-30 A_{12} 10 YR 6/2	750,2	189,6	60,3	17,1	7
	30 - 52 A_{13} 10 YR 7/3	848	93,6	58,4	12,1	12,5
	52 - 100 A_3 5 YR 5/6	860,4	93,4	46,2	1,1	1,2
Bas de versant	0 - 4 A_3 10 YR 5/2	425	419,9	155,1	12,6	2,7
	4 - 32 B_{11} 7,5 YR 3/3	217,1	387,9	395	17,4	8,3
	32 - 53 B_{12} 7,5 YR 2,5/2	730,3	116,7	152,9	16	5,8
	53 - 75 B_{21} (g) 10 YR 2/1	893,2	68	38,9	22	16,8
	75 - 94 B_{22} (g) 5 YR 4/3	854	78,3	67,7	4,4	6,7

P.T. : Position topographique ; MO : Matière organique ; C : Carbone ; N : Azote

4 DISCUSSION

Les sols observés sont tous des sols brunifiés (Cambisols). Les résultats de la caractérisation morphopédologique des unités dominantes des sols de Gogbala ont montré que la répartition des sols dans le paysage n'est pas quelconque. En effet, les sols se forment et se répartissent en fonction des roches, du climat, du relief, des êtres vivants et aussi en fonction du temps, c'est-à-dire de « l'âge des paysages » [22]. L'ensemble des sols du site est caractérisé par de fortes teneurs en sable. Ces taux élevés sont dus à la nature de la roche mère, dont l'altération poussée entraîne la libération des grains de sable. Ce qui confirme les travaux de [5] réalisés dans le grand Nord de la Côte d'Ivoire, plus spécifiquement à Boundiali et Ferkessédougou, et plus généralement ceux de [23] sur les sols tropicaux au Congo (République du Congo).

Le taux en argile est très faible en comparaison aux classes de limitation des niveaux de fertilité définies par [24]. Les faibles valeurs de teneurs en argile ont des conséquences sur la qualité des sols, notamment leur fertilité chimique.

Il a été observé, une teneur élevée du sol en matière organique, en surface (moins de 40 cm). Ce caractère s'observe aussi bien en haut de versant qu'en mi-versant. Ces résultats suggèrent une non migration de la matière organique vers les horizons inférieurs ; c'est-à-dire une immobilisation de la matière organique dans les horizons supérieurs. La matière organique (MO) joue un rôle fondamental pour le maintien de sols vivants à long terme. Un taux de matière organique élevé favorise le développement des micro-organismes et de la faune des sols [25]. Ce sont ces mêmes micro-organismes qui mettent ensuite les éléments minéraux à la disposition des plantes grâce à la minéralisation de cette matière organique. Cependant, une forte teneur en matière organique n'est pas toujours synonyme de bonne qualité des sols. En effet, selon [26], la MO peut être plus ou moins facilement dégradable suivant sa composition.

Les résultats de la disponibilité en éléments nutritifs (CEC et somme des bases échangeables, teneur en N, P, K, pHeau ; taux de matières organiques) du sol ont montré de faibles valeurs de la somme des bases échangeables et de la capacité d'échange cationique étroitement liées à la nature kaolinique de l'argile, qui s'illustre par une faible activité chimique. Cela corrobore les conclusions des travaux menés sur les sols tropicaux au Burkina Faso [27].

Tous les sols décrits sont acides. Ainsi, aux problèmes liés à la culture des sols telles que la baisse du niveau de matière organique et la détérioration de la structure du sol comme l'ont rapporté [28], s'y ajoute l'acidification due au travail du sol. Cette acidification des sols poserait le problème de la baisse de fertilité des sols [29].

La couleur rouge de la plupart des sols observés s'explique par une forte présence de fer dans ces sols. Ce qui est en accord avec [30], qui a montré dans ses travaux que la couleur rouge dans un sol provient de la forte teneur en fer « libre ».

Le pH est un bon indicateur de l'ambiance physico-chimique d'un sol. Il est dit alors pHeau par opposition avec celui mesuré dans une suspension à base de KCl. Le ΔpH est caractérisé par son homogénéité sur le site d'étude. Il indique que le degré de perturbation de l'environnement influence l'acidité de réserve. Ces résultats rejoignent ceux de [31] qui attribuent ces caractéristiques aux sols décrits au bas de versant à Gogbala.

5 CONCLUSION

L'étude menée à Gogbala a permis de mettre en évidence les types de sols et les potentialités agricoles de ce site. Elle a montré que les sols de Gogbala sont des sols brunifiés (Cambisols) ayant un niveau de fertilité bas à moyen dans l'ensemble. Cette étude a contribué à une connaissance des caractéristiques physiques, chimiques et physico-chimiques de ces sols en vue de leur meilleure utilisation.

RÉFÉRENCES

- [1] Brou Y.T., Oszwald J., Bigot S. et Servat E., 2005. Risques de déforestation dans le domaine permanent de l'état en Côte d'Ivoire : Quel avenir pour ces derniers massifs forestiers ? Télédétection 1-2-3, 263-275 pp.
- [2] Koné B., Diatta S., Oikeh Y., Gbalou M., Camara D., Dohm D., et Assa A., 2009. Estimation de la fertilité potentielle des ferralsols par la couleur : usage de la couleur en morphopédologie. C.J. Soil Sci. 89 (3) : 331-342 pp.
- [3] Acín-Carrera, M., José Marques, M., Carral, P., Álvarez, M., López, C., Martín-López, B., & González, J., 2013. Impacts of land-use intensity on soil organic carbon content, soil structure and waterholding capacity. Soil Use and Management, 29, pp. 547-556.
- [4] Chatelain, C., Dao, H., Gautier, L., Spichiger, R., 2004. Forest cover change in Côte d'Ivoire and Upper Guinea. In: Poorter, L., Bongor, F., Kouamé, F.N., Hawthorne, W.D. (eds). Biodiversity of West Africa forest. An Ecological Atlas of Woody Plant Species. CABI, Wallingford, 15 – 31.

- [5] N'Guessan, K. A., Diarrassouba, N., Alui, K. A., Nangha, K.Y., Fofana I. J., et Yao-Kouamé A., 2015. Indicateurs de dégradation physique des sols dans le Nord de la Côte d'Ivoire : cas de Boundiali et Ferkessédougou. *Afrique SCIENCE* 11(3) 115 – 128.
- [6] Mbonigaba JMM, Nzeyimana I, Bucagu C, Culot M : 2009. Caractérisation physique, chimique et microbiologique de trois sols acides tropicaux du Rwanda sous jachères naturelles et contraintes à leur productivité. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2009, 13 (4) : 545-558.
- [7] Nangah KY, Yao-Kouamé A, Yao GF, Kouakou YKN, Alui KA. et Savane I : 2012. Attributs physico-chimiques et contrainte à la productivité agricole des sols du site manganésifère de Lauzoua (Guity) en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*. 50 : 3459– 3467.
- [8] N'Dri J.K., André H.M., 2011. Soil mite densities from central Ivory Coast. *Journal of Animal & Plant Sciences*. 10(2), 1283-1299 pp.
- [9] Kassé K. B., Kadjo B., Yaokokoré-Béibro K. H. et K. Foua-Bi., 2006. Inventaire, distribution et mesure de conservation des grands mammifères de la forêt classée de Badénou (Nord de la Côte d'Ivoire) *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, pp. 173 – 188.
- [10] Webster R. and Olivier O., 1990. *Statistical methods in soil and land resources survey*. Oxford University Press, Oxford, UK. 350 pp.
- [11] Yao-Kouamé A., 2008. Etude des sols brunifiés dérivés des matériaux volcano-sédimentaires de Toumodi en moyenne Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'état es Sciences naturelles, Université de Cocody/ UFR STRM, 210 p.
- [12] IUSS Working Group WRB, 2014. World reference base for soil resources 2016. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps World Soil Resources Reports no. 106. FAO, Rome. 203 p.
- [13] Coche A.G. et T. Laughlin, 1985. Pisciculture continentale : le sol. Méthodes simples pour l'aquaculture. Collection FAO : Formation, No. 6. FAO, Rome. 174 p.
- [14] Yao-Kouamé A., 2007. Nature des éléments grossiers observés dans les sols brunifiés dérivés de matériaux du complexe volcano-sédimentaire de Toumodi - Kanhankro en moyenne Côte d'Ivoire. *Rev. CAMES- Série A*, Vol. 05 : 39-52 pp.
- [15] Yoro G., 2002. La pédologie pour une gestion durable des sols. Cours d'initiation pour les agents des caisses de stabilisation et de péréquation du Gabon. Abidjan : Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), 24 p.
- [16] Toko I. et Sinsin B., 2011. Facteurs déterminant la variabilité spatiale de la biomasse herbacée dans la zone soudano-guinéenne du Bénin. *International J. Biol. Chem. Sci.* 5(3) : 930-943 pp.
- [17] FAO, 1984. Méthodes d'analyse physique et chimique des sols et des eaux, *Bulletin pédologique de FAO* N° 10 Rome, 280 p.
- [18] EUROCONSULT, 1989. *Agricultural compendium for rural development in the tropics and subtropics*. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam. 740 p.
- [19] J Keita A., 2000. Diagnostic et proposition d'optimisation du système de fertilisation dans une bananeraie : cas de la plantation de Baha. Mémoire d'ingénieur des techniques agricoles, ESA Yamoussoukro, pp. 18-20.
- [20] Assa A. (2005). Précis de pédologie : à l'usage des étudiants du premier cycle des études universitaires. Collection Sciences. Edition Universitaire de Côte d'Ivoire, 95 p.
- [21] Zoro B. G. F., Yao-Kouamé A., Kouamé K. F., 2012. Evaluation statistique et spatiale de la fertilité rizicole des sols hydromorphes (gleysols) de la région du Bélier (Côte d'Ivoire), pp. 236-242.
- [22] Dent D. and Young A., 1987. *Soil Survey and Land Evaluation*. George Allen & Unwin, London. 278 p.
- [23] Yoka, J., Loumeto, J.J., Voudibio, J., Amiaud, B., et Epron, D., 2010. Influence du sol sur la répartition et la production de phytomasse de savanes de la Cuvette congolaise (République du Congo) : *Geo-Eco-Trop.*, 34 : 63 – 74.
- [24] LANO, 2008. Analyses des terres. <http://www.lano.asso.fr/web/analyses.html> [Consulté en mai 2016].
- [25] Adéchina O., 2017. Définition de la qualité des sols par les bioindicateurs dans deux zones agro-écologiques de la Côte d'Ivoire : cas de sols sous culture arachidière à Ahoué et à Gogbala. Thèse unique de Doctorat en Sciences de la Terre, Université Félix Houphouët-Boigny/ UFR STRM, 171 p.
- [26] Boyer J., 1982. Les sols ferrallitiques. Tome X : Facteurs de fertilité et utilisation des sols. Paris, ORSTOM, (initiation-document technique, 384 p.
- [27] Kissou E. R., Traoré Z. Gnankamby H.B., Nacro M. et Sédogo P., 2014. Connaissance endogène de la classification et de la fertilité des sols en zone Sud-Soudanienne du Burkina Faso », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, consulté le 12 novembre 2016. URL : <http://vertigo.revues.org/14616>; DOI : 10.4000/vertigo.14616.
- [28] Vos J., Barbara G. M., Ritchie J. and Flood J., 2003. A la découverte du cacao. Un Guide pour la formation des facilitateurs. CABI Bioscience, 2003. 115 p.
- [29] Sato S. and Comerford N. B., 2005. Influence of soil pH on inorganic phosphorus sorption and desorption in a humid brazilian Ultisol. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 29 : 685-694 pp.
- [30] Pieri C., 1989. Fertilité des terres de savanes. Ministère de la coopération et CIRAD-IRAT. 444 p.
- [31] Gégout J-C., 1995. Étude des relations entre les ressources minérales du sol et la végétation forestière dans les Vosges. Thèse de Doctorat (Spécialité : Biologie forestière), de Nancy I, 351 p.

PRATIQUE DE LA MOBILITE INTERNE ET PERFORMANCE INDIVIDUELLE DES CADRES

[PRACTICES OF INTERNAL MOBILITY AND INDIVIDUAL PERFORMANCE OF THE FRAMEWORK]

OUYI Badji

Département de Psychologie Appliquée,
Institut National des Sciences de l'Éducation, Université de Lomé, Togo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: At the heart of organizations, Human Resources Management brings together a set of diverse and diverse practices aimed at making the most of human capital. Among these practices is internal mobility. This study aims to demonstrate the influence of the management of internal mobility on the individual performance of executives in companies. Data was collected through participant observation, literature search, questionnaire and interviews. The questionnaire, the main instrument for collecting data, was administered to 99 executives from different entities of the target organization. The data were then analyzed from Pearson's bivariate correlations and revealed that the perception of the practice of internal mobility influences individual performance of executives. Thus, the introduction of better management practices for internal mobility of managers would lead to a higher level of performance on their part.

KEYWORDS: Human Resources, perception, mobility, performance framework.

RÉSUMÉ: Au cœur des organisations, la Gestion des Ressources Humaines rassemble un ensemble de pratiques diverses et variées ayant pour finalité de tirer le meilleur du capital humain. Au rang de ces pratiques se trouve la mobilité interne. Cette étude vise à démontrer l'influence de la gestion de la mobilité interne sur la performance individuelle des cadres en entreprise. Les données ont été collectées au moyen de l'observation participante, de la recherche documentaire, du questionnaire et des entretiens. Le questionnaire, instrument principal de collecte des données a été administré à 99 cadres provenant des différentes entités de l'organisation ciblée. Les données ont ensuite été analysées à partir des corrélations bivariées de Pearson et ont permis de révéler que la perception de la pratique de la mobilité interne influence performance individuelle des cadres. Ainsi, la mise en place de meilleures pratiques de gestion de la mobilité interne des cadres entraînerait un niveau de performance plus élevé de leur part.

MOTS-CLEFS: Ressources Humaines, perception, Mobilité, performance, cadre.

1 INTRODUCTION

Les effets de la mondialisation entraînent pour les entreprises une exigence de résultats de plus en plus croissant. Face à cela, il importe pour elles de mettre en place les pratiques adéquates en matière de mobilisation et de gestion des ressources en l'occurrence celles humaines. Le concept de mobilité est au cœur des pratiques en Gestion des Ressources Humaines (GRH). La mobilité est le caractère de ce qui peut changer de place, de position [1]. Elle recouvre des champs multiples et renvoie à des pratiques managériales très différentes. La mobilité au travail a, en effet, été étudiée sous différents angles à travers de nombreuses disciplines scientifiques. Selon [2], la mobilité professionnelle se définit comme un changement d'entreprise, d'établissement ou de service. Dans une perspective plus organisationnelle, elle correspond à une succession de postes [3].

Cependant, il convient de distinguer différentes formes de mobilité chez les salariés. Pour [4], la mobilité externe correspond au changement d'entreprise et la mobilité interne au changement de poste de travail, de métier, de fonction au sein de la même entreprise ou du groupe. Les enjeux des politiques de gestion de la mobilité interne sont multiples. Selon [5], la mobilité est un atout stratégique pour une performance efficiente de l'entreprise.

La performance organisationnelle est la résultante de celle de chacune des entités qui la composent. Ainsi, on peut déduire aisément que la performance organisationnelle découle de la performance individuelle. La référence [6] définit la performance comme le résultat obtenu par une personne lors de la réalisation d'une tâche spécifique dont l'exécution obéit à des règles préétablies. Des approches empiriques étudient le lien entre les pratiques de Gestion des Ressources Humaines et la performance. Les auteurs de l'approche universaliste notamment [7] et [8] s'intéressent à la relation entre une pratique GRH prise isolément et les performances de l'entreprise. Si la relation est fortement positive, la variable supposée indépendante est qualifiée de « best practices ». L'hypothèse implicite de ce courant de recherche est que l'influence d'une meilleure pratique donnée est universelle et procure aux entreprises qui y recourent un avantage compétitif par rapport à celles délaissant la pratique en question.

L'influence de la mobilité sur des variables telles que la motivation a été aussi démontrée. Les travaux d'[9], d'[10] et de [11] ont montré que la mobilité professionnelle est une source de motivation durable pour les salariés. Selon ces chercheurs, la mobilité permet aux salariés de changer de travail et d'éviter donc une routine démotivante. Ainsi, la mobilité interne étant un levier majeur du management des ressources humaines [12], il importe aussi de réfléchir sur son influence sur d'autres types de variables notamment la performance professionnelle et de façon plus spécifique, celle des cadres. La mobilité interne, si elle peut être bienvenue dans le cadre d'une évolution pyramidale, elle est souvent mal perçue si elle se fait dans le cadre d'un changement de département, de service ou encore d'équipe. Le salarié déplacé est, en effet, vu comme une lourde perte pour l'équipe dont il est enlevé. Elle peut être aussi sources de contreperformance individuelle lorsqu'elle n'observe pas les phases d'adaptation préconisées par [13] qui va de la « lune de miel » à « la maturité » en passant bien évidemment par « le choc des cultures » et « l'adaptation ». Si la maturité est envisagée qu'après 25 mois selon [14], l'on pourrait penser par ricochet à la performance qu'après cette période. De ce fait, la présente étude fait l'hypothèse que la gestion de la mobilité interne influence la performance individuelle des cadres au sein des entreprises. Afin de vérifier ce postulat, nous avons ciblé pour cadre d'études la Compagnie Energie Electrique du Togo (CEET). Elle prend en compte le milieu d'une entreprise africaine de distribution d'électricité, une société d'Etat.

2 MÉTHODOLOGIE

Dans le cadre de la recherche, la collecte des données a été réalisée à quatre niveaux : l'observation participante, la recherche documentaire, le questionnaire et les entretiens. L'observation participante a permis de porter une attention particulière sur tous faits, événements ou activités en lien avec le thème de la recherche. Comme le recommandent certains auteurs comme [15], nous avons tenu un journal de terrain dans lequel les données recueillies ont été enregistrées. La recherche documentaire a consisté en la consultation de documents se rapportant à la gestion des mobilités internes des ressources humaines notamment ceux en lien avec les différentes réorganisations de la Compagnie et les mobilités internes des cadres. Le questionnaire, principal outil de collecte des données utilisés a été élaboré en tenant compte des observations sur le terrain, de la littérature, des entretiens exploratoires et des variables arrêtées. Ce questionnaire cerne trois contenus essentiels. Le premier concerne la fréquence des réorganisations et les pratiques de la mobilité interne des cadres de la Compagnie. Le second porte sur les indicateurs de performance individuelle des cadres. Le troisième précise les caractéristiques socio-professionnelles des enquêtés. Afin d'éviter la méfiance des enquêtés, le questionnaire a été anonyme. Le modèle de questions semi-ouvertes a été retenu pour sa conception. Ce modèle propose des réponses de choix multiples aux questions et des suggestions pour les variables indépendantes et les indicateurs de performance individuelle.

Pour l'administration du questionnaire, nous avons procédé à un échantillonnage aléatoire non raisonné ou le tout-venant. Ainsi sur une population cible de 197 cadres, 112 questionnaires ont été collectées dont 13 mal renseignés. L'étude a donc porté sur 99 agents soit 50 % de la population cible. L'échantillon donc de 99 sujets comprend 82 % d'hommes contre 18 % de femmes. Trente-neuf pourcent (39 %) des sujets de l'échantillon ont un âge compris entre 40 et 50 ans, 26 % ont entre 50 et 60 ans, les individus de 30 à 40 ans représentent 25 % de l'échantillon et ceux de 20 à 30 ans 10 %. Les cadres dont l'ancienneté est comprise entre 16 et 20 ans sont les plus représentés (31 %), suivent ceux de 21 à 25 ans (24 %), de 11 à 15 ans (25 %), de 26 à 30 ans (10 %), de 6 à 10 ans (6 %), de 0 à 5 ans (3 %) et 31 à 35 ans (2 %). La ville de Lomé concentre 85 % des cadres enquêtés contre 15 % à l'intérieur du pays.

A la suite de l'administration du questionnaire, des entretiens ont eu pour but de donner la parole aux acteurs afin qu'ils s'expriment sur les pratiques de mobilité interne en général, de recueillir les avis des enquêtés sur les questions relatives à leur performance et enfin de recueillir des informations complémentaires sur le sujet. Dans un souci de discrétion, les entretiens

individuels ont été préférés aux entretiens collectifs. Trois (03) entretiens ont été menés pour préciser certaines informations et approfondir certains points du questionnaire.

Des analyses basées sur les méthodes quantitatives et qualitatives ont permis l'exploitation des données recueillies à l'issue de la collecte. La corrélation bivariée de Pearson a été utilisée pour tester les hypothèses relatives au lien entre la mobilité interne et la performance individuelle des cadres de la Compagnie. L'analyse de régression obtenue à partir du logiciel « Statistical Package for the Social Sciences » (SPSS), version 21.0 a permis de vérifier si la pratique de la mobilité interne influence la performance individuelle des cadres. Nous avons obtenu des résultats intéressants à tout égard.

3 RÉSULTATS

Au terme de l'étude, les résultats de l'analyse descriptive relatifs aux réorganisations de l'entreprise montrent que lesdites réorganisations sont trop fréquentes selon 82,83 % des enquêtés qui dans leur grande majorité affirment ne pas être impliqués dans les différentes réorganisations (66,67 %). De plus, les objectifs des réorganisations ne sont pas précisés aux cadres (56,57 %) et leur impact sur la rentabilité de l'entreprise est mitigée (69,07 %). Relevons au passage que le coefficient de fidélité (alpha de Cronbach) acquis par la somme des énoncés a une cohérence interne de 0,83 ; ce qui nous conforte quant à la qualité l'outil de mesure.

En ce qui concerne la mobilité interne des cadres, l'analyse descriptive des données révèlent notamment que la charte de mobilité interne n'existe pas au sein de l'organisation (98,99 %) et que la durée au poste trop courte ne permet pas aux cadres de s'adapter (58,59 %).

L'analyse de l'ensemble des résultats descriptifs présentés montre que la Compagnie pratique une mobilité interne des cadres trop fréquemment. Cette mobilité interne n'est non plus régie par des règles définies qui sont portées à la connaissance des cadres. Ainsi, à la question de savoir si les enquêtés pensent quitter la compagnie si une opportunité s'offrait à eux, les résultats indiquent à 84,85 % leur désir de partir de la Compagnie s'ils trouvaient ailleurs. Notre curiosité nous amène à vérifier d'éventuelles liaisons entre la mobilité interne et motivation d'une part et la performance individuelle des cadres d'autre part.

Tableau 1. Corrélation (r de Pearson) entre la mobilité interne des cadres et la motivation

Corrélations			
		Chaque réorganisation de la CEET a-t-elle été suivie d'une mobilité interne des cadres ?	Avez-vous le sentiment d'être motivé dans l'exercice de vos fonctions ?
Chaque réorganisation de la CEET a-t-elle été suivie d'une mobilité interne des cadres ?	Corrélation de Pearson	1*	,033*
	Sig. (bilatérale)		,747*
	N	99	99
Avez-vous le sentiment d'être motivé dans l'exercice de vos fonctions ?	Corrélation de Pearson	,033*	1*
	Sig. (bilatérale)	,747*	
	N	99	99

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

Les corrélations (r de Pearson) entre la variable de la motivation et celle la mobilité interne des cadres indiquent que la mobilité interne des cadres est corrélée positivement avec la motivation ($r = 0.747^*$; $p < 0.05$). Ce qui fait penser qu'il y aurait un lien de dépendance entre la mobilité interne et la motivation. En d'autres termes, si la mobilité était bien gérée, les cadres seraient motivés.

Tableau 2. *Corrélation (r de Pearson) entre la mobilité interne et la performance individuelle des cadres de la Compagnie*

Corrélations			
		L'impact est-il négatif ou positif ?	Chaque réorganisation de la CEET a-t-elle été suivie d'une mobilité interne des cadres ?
L'impact est-il négatif ou positif ?	Corrélation de Pearson	1*	,003*
	Sig. (bilatérale)		,975*
	N	99	99
Chaque réorganisation de la CEET a-t-elle été suivie d'une mobilité interne des cadres ?	Corrélation de Pearson	,003*	1*
	Sig. (bilatérale)	,975*	
	N	99	99

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

Le calcul des corrélations (r de Pearson) entre la mobilité interne et la performance individuelle des cadres indique que la mobilité interne est corrélée positivement avec la performance individuelle des cadres ($r = 0,975^*$) ; $p < 0.05$). Ceci signifie qu'une bonne gestion de la mobilité interne pourrait induire une amélioration de la performance individuelle des cadres. Ces résultats suscitent en nous les réflexions au plan organisationnel.

4 DISCUSSIONS

A la question de départ cherchant à vérifier si la mobilité interne des cadres suite aux différentes réorganisations de la société pouvait influencer leur performance, la réponse eu égard aux résultats s'est avérée affirmative. L'ensemble des résultats obtenus valide donc notre postulat selon laquelle la mobilité interne a une influence sur la performance individuelle des cadres de la CEET.

Au regard des résultats, l'on observe que la mobilité interne à la Compagnie est fréquente et en est la conséquence de la régularité de modifications structurelles des organigrammes à la CEET. Si on convient avec [16] que l'organigramme d'une entreprise doit être dynamique et que la réorganisation de l'entreprise est une manière d'enrichir le contenu du travail, facteur de satisfaction durable des salariés, [17] souligne nonobstant que tout changement organisationnel doit être pertinent, objectif, partagé et bien conduit.

Les résultats de l'enquête ont prouvé que les réorganisations structurelles de la Compagnie sont trop fréquentes et peu nécessaires et parfois non pertinentes. En outre, ces résultats montrent que les nécessités et buts des réorganisations ne sont pas communiqués aux cadres. En somme, elles n'acquièrent pas l'adhésion de tous les acteurs. Alors que toute restructuration organisationnelle et fonctionnelle devrait faire l'objet d'une discussion préalable entre les différents acteurs impliqués. En ce sens, nous faisons un rapprochement avec les travaux de [18] qui ont démontré que pour qu'une réorganisation connaisse un succès, il est important que le changement ne soit pas perçu comme une imposition. Le porteur du changement doit faciliter l'appropriation, l'inclusion, l'intériorisation et la négociation avec les acteurs. Le changement doit être pertinent et insuffler du nouveau à l'entreprise. Il doit être connu à l'avance et décrypté avant de s'imposer afin de circonscrire les résistances et les adversités.

A contrario, les résultats de notre enquête ne corroborent pas les conclusions des travaux de [19] en ce sens que le changement d'organigramme, censé traduire l'enrichissement du contenu du travail, ne procure pas une satisfaction des cadres de la CEET qui sont plutôt en majorité démotivés par les suspensions et tentés de quitter à 84,85 % l'entreprise. Ce taux indique l'existence d'un climat social morose qui couve au sein du personnel en général. Ces tentatives de départ constituent un haut risque pour la Compagnie étant donné que les cadres constituent avec le management général la locomotive d'une entreprise.

Les résultats ont également démontré que les réorganisations sont toujours suivies de la mobilité interne des cadres. Malheureusement, elle n'est pas encadrée par une charte précisant les règles et modalités. La mobilité étant un véritable outil de la Gestion des Ressources Humaines, devrait être encadrée par une charte qui fixe les règles du jeu. Les travaux de [20] abordent le sujet sous le même angle. Pour lui, la mobilité interne est un levier majeur de management des Ressources Humaines. Favoriser cette mobilité nécessite que l'entreprise développe des dispositifs, des procédures et mettent en place des moyens nécessaires pour faciliter et fluidifier les opérations de mobilité intra-entreprise. Or les résultats de l'étude

prouvent significativement que la gestion de la mobilité interne des cadres de la CEET s'effectue sans règles ni procédures clairement établies.

L'autre conséquence non moins négligeable de la mobilité interne non encadrée tient aux réticences des salariés qui peuvent la percevoir comme un risque. En effet, selon les conclusions des travaux d'[21], il existe toute une série de craintes liées aux facteurs psychologiques et culturels. Le salarié peut craindre de réaliser de moins bonnes performances, de ne pas être compétent dans ses nouvelles attributions, de ne plus être capable de s'adapter à un nouvel environnement et finalement d'en être pénalisé. Ces craintes expliquent le sentiment de démotivation quasiment manifesté par les cadres dans les résultats de l'enquête. C'est ce qui pourrait expliquer aussi que la majorité des enquêtés pensent d'ailleurs quitter la Compagnie s'ils trouvaient mieux ailleurs.

En somme, les résultats de l'enquête corroborent les travaux de bon nombre de chercheurs qui ont antérieurement réalisé des études empiriques sur la mobilité interne dans les entreprises.

5 CONCLUSION

L'objet de cette étude était d'explorer pour vérification le lien entre la gestion de la mobilité interne et la performance individuelle des cadres. Le parcours vivant à répondre à ce questionnement nous a conduit dans un premier temps à faire une revue de la littérature en vue d'asseoir la problématique. Dans un second temps, nous avons procédé à une étude empirique qui nous a conduit à des résultats intéressants. Les résultats majeurs révèlent une corrélation d'une part entre la pratique de la mobilité interne et la motivation et d'autre part, entre la mobilité interne et la performance individuelle des cadres de la Compagnie Energie Electrique du Togo. A partir des tests de corrélation r de Pearson, les résultats ont confirmé l'existence d'un lien significatif entre la pratique de la mobilité interne à la Compagnie et la performance de ses cadres. L'on pourrait penser qu'une bonne pratique de la mobilité interne entraîne une meilleure performance des cadres.

En définitive, ce travail de recherche revêt un véritable intérêt pour la mise en place de bonnes pratiques en matière de Gestion des Ressources Humaines et plus spécifiquement en ce qui concerne la gestion de la mobilité interne. Ses conclusions pourront donc servir à sensibiliser les différents décideurs et acteurs en milieu organisationnel. En effet, il ressort des résultats que la mobilité interne influence la performance des cadres salariés. Ainsi, une bonne pratique de la mobilité interne favoriserait une meilleure performance des salariés. De ce fait, la mise en place et l'application d'une charte de mobilité interne dans les organisations garantirait un plan de carrière juste et équitable. De plus, il serait judicieux d'instaurer une gestion axée sur l'assignation des objectifs ; cela permettrait d'évaluer les salariés répondant aux exigences de leur poste et aiderait sans doute dans l'identification de ceux sujets à mobilité. Précisons que toutes ces actions devront s'inscrire dans le cadre de la vision d'entreprise et être soutenues par un plan de communication interne permettant aux salariés de se sentir partenaires et acteurs de la réalisation de la vision d'entreprise.

RÉFÉRENCES

- [1] Peretti, J.M., "Dictionnaire des ressources humaines," Editions Vuibert, 2^{ème} édition, Paris, 2005.
- [2] Cadin, L., Guerin F., et Pigeyre F., "La gestion des ressources Humaines," Collection Dunod, 2^{ème} édition, Paris, 2002.
- [3] Galambaud, B., "Des hommes à gérer," ESF éditeur, Paris, 1991.
- [4] Peretti, J.M., "Dictionnaire des ressources humaines," Editions Vuibert, 2^{ème} édition, Paris, 2005.
- [5] Friedrich, A., Kabst R., Weber W. and Rodehuth M. "Job rotation: commun practice in organisation?" Flexible Working Pratiques, London. 1998.
- [6] Legendre, R., "Dictionnaire actuel de l'éducation," 3^{ème} édition, Guérin éditeur Ltée, Paris, 1993.
- [7] Pfeffer, J., "Competitive Advantage Through People: Unleashing the Power of the Work Force," (New edition). Boston, Mass: Harvard Business Review Press, 1996.
- [8] Huselid, M. A. "The Impact of Human Resource Management Practices on Turnover Productivity and Corporate Financial Performance," *Academy of Management Journal*, vol. 38 n°3, 1995.
- [9] Abraham, J., "Mobilité interne et polyvalence : efficience et création de ressources," *Cahiers du CERMAT*, n° 88, 2001.
- [10] Amossé, T., "Interne ou externe, deux visages de la mobilité professionnelle," *Insee première*, n° 921, 09, 2003.
- [11] Vandenbergh, C., "Conserver ses employés productifs : nature du problème et stratégies d'intervention," *Gestion*, 29, 3, 2004.
- [12] Beaugrand, H., "Mobilité interne, enjeu d'efficacité des organisations," *Entreprise Personnel*, Paris, 2014.
- [13] Cerdin, J-L., "Gérer les carrières," éditions Ems, Paris, 1999.
- [14] Cerdin, J-L., "Gérer les carrières," éditions Ems, Paris, 1999.
- [15] Beitone A., Dollo C., Gervasoni J., La maison E., et Rodrigues C. "Sciences sociales," Dalloz, Paris, 2000.

- [16] Herzberg, F., "One more time: how do you motivate employees," *Harvard Business Review*, vol. 81 n° 1, Harvard, pp.86-86, 2003.
- [17] Sainsaulieu, R., "*Identité au travail*," Editions INETOP, 2010.
- [18] Norbert, A. Et Jean-Louis L. "La construction des identités au travail," In. Les nouveaux visages de la croyance. *Sciences Humaines*. Mensuel N°149. 2004.
- [19] Herzberg, F., "One more time: how do you motivate employees," *Harvard Business Review*, vol. 81 n° 1, Harvard, pp.86-86, 2003.
- [20] Beaugrand, H., "*Mobilité interne, enjeu d'efficacité des organisations*," Entreprise Personnel, Paris, 2014.
- [21] Abraham, J., "Marché interne du travail. Enjeux et limites de la mobilité interne," *Cahiers du CERMAT- UPRES*, IAE de Tours, Vol. 16, n°105, 2003b.

Production agricole durable: Taux d'infestation et indicateurs de lutte contre des ennemis du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire

[Sustainable agricultural production: Rate of infestation and indicators of diseases control on cocoa trees in the West Central region of Côte d'Ivoire]

Annick KOULIBALY¹, Charlotte Dolou TONESSIA¹, Boué Noel Bianurin VOUI BI¹, Dognan SILUE¹, Dramane KOFFI², Siendou COULIBALY¹, Bernadin DRO¹, Anoh Denis-Esdras AMON¹, Faustin Dago SOKO¹, and Justin Yatty KOUADIO¹

¹Unité de Formation et de Recherche en Agroforesterie,
Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

²Unité de Formation et de Recherche en Environnement,
Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Côte d'Ivoire is the first world producer of cocoa beans and represents 42 % of the world offer. A current reduction of the production is due to numerous constraints and particularly, to diseases and vermin of cacao tree. Documentation dedicated to cacao tree's enemies in the Centre-West region of Côte d'Ivoire is almost non-existent while this region is the second main cacao zone production. Our study aims to contribute to a better knowledge of the impact cacao tree's enemies. Three sites of plantations were chosen because of their degraded sanitary state and their easy access for a better follow-up. In 25 squares of 4 m aside, after the floristic inventory, the degree of attack was evaluate by direct observation on each tree. 343 trees were observed and 8 enemies were identified. The strongest infestations are Brown rot, other mushrooms and Mosses (77 - 90%), Swollen shoot (> 50%) and Ants (> 50%). The Swollen shoot and the Brown rot which establish the most alarming enemies on the economic aspect are strongly favored by the proximity with other enemies. These results could serve as reference for control diseases in the cacao plantations and sustainable production.

KEYWORDS: Agriculture, Agrosystem, Biodiversity, Daloa, Brown rot, Swollen shoot.

RESUME: La Côte d'Ivoire est le premier producteur mondial de fèves de cacao et représente 42% de l'offre mondial. Une réduction actuelle de la production, due à de nombreuses contraintes et particulièrement aux maladies et ravageurs du cacaoyer, est constatée. La problématique de cette étude repose sur le fait que la documentation consacrée aux ennemis du cacaoyer dans la région du Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire est presque inexistante alors que cette région est la 2ème principale zone de production de cacao. Cette étude a donc pour objectif de contribuer à une meilleure connaissance des impacts des ennemis du cacaoyer. Trois sites de plantations ont été retenus du fait de leur état sanitaire dégradé et de leur accès facile pour un meilleur suivi. Dans 25 carrés de 4 m de côté, après l'inventaire floristique, le degré d'attaque de l'ennemi a été relevé par observation directe sur chaque pied de cacaoyer. Au total 343 pieds de cacaoyer ont été observés et 8 ennemis ont été identifiés. Les infestations les plus fortes sont la Pourriture brune, les Autres champignons et Mousses (77 - 90%), le Swollen shoot (> 50%) et les Fourmis (> 50%). Ces affections sont majoritairement présentes à la bordure de la plantation. Le Swollen shoot et la Pourriture brune qui constituent les ennemis les plus alarmants sur le plan économique sont notablement favorisés par la proximité d'autres ennemis. Ces résultats pourraient servir de référence pour la lutte améliorée contre les ennemis du cacaoyer afin de garantir une production durable.

MOTS-CLEFS: Agriculture, Agrosystème, Biodiversité, Daloa, Pourriture brune, Swollen shoot.

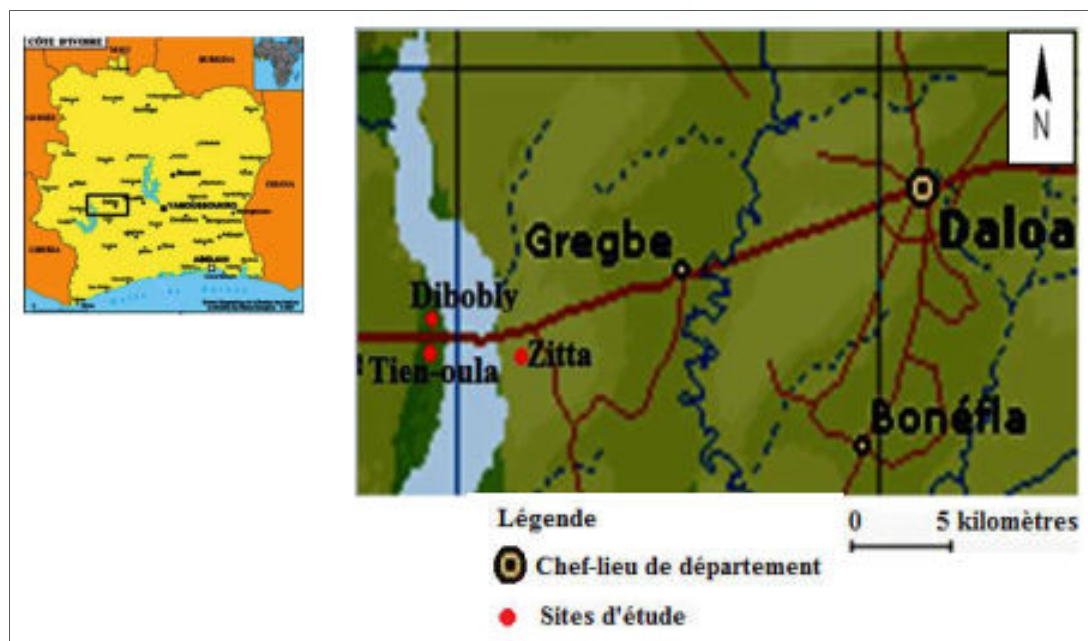
1 INTRODUCTION

L'agriculture constitue un moteur de croissance économique pour les pays d'Afrique subsaharienne avec une contribution croissante dans le secteur de l'emploi d'environ 50% et un PIB moyen de 15% [1], [2]. En Côte d'Ivoire, les cultures d'exportation renferment en majorité des cultures de rente qui occupent plus de 75% des terres avec une prédominance du cacao (56%), faisant de ce pays le premier producteur mondial de cacao depuis 1978 [3], [4]. Bien qu'elle soit pratiquée à travers une agroforesterie relative, la cacaoculture a fortement réduit le couvert végétal, entraîné une perte de la biodiversité et compromis la régénération des espèces caractéristiques des formations forestières [5], [6], [7], [8]. Cette réalité est essentiellement due au fait que le cacao provient de nombreuses petites exploitations dont 95% ont moins de 20 ha et qui mobilisent une population agricole de plus d'un million de planteurs [9], [10]. La production de cacao a connu une croissance remarquable en 2015, qui a été évaluée à 1,741 millions de tonnes, soit près de 42 p.c. de l'offre mondiale [10]. Depuis la décennie 2000 cependant, la production de cacao connaît une baisse due à de nombreuses contraintes qui sont entre autres, la baisse de la fertilité des sols, le vieillissement des plantations et des producteurs, et les infestations [11], [12]. La cacaoculture est particulièrement compromise par des maladies, des attaques d'insectes nuisibles, et des dégâts de rongeurs et de plantes parasites [11]. Les pathogènes et les insectes ravageurs sont responsables de la perte de 30 à 40% de la production cacaoyère annuelle mondiale [13]. A l'échelle nationale, on estime, de manière approximative, que 40 à 100 % de la production cacaoyère est détruite avant ou après la récolte par les insectes et les maladies [14].

La problématique de ce travail repose sur le fait que les études sur les ennemis du cacaoyer dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire et les raisons de leur propagation restent faibles alors que, cette région est la 2^{ème} principale zone de production de cacao, avec plus de 12% de la production nationale chaque année [15]. Ce travail a pour objectif de contribuer à une meilleure connaissance des impacts des ennemis du cacaoyer. Il s'agit spécifiquement de (1) quantifier les dégâts et (2) d'identifier les relations entre les ennemis du cacaoyer qui induisent des conditions favorables à leur développement.

2 SITE D'ÉTUDE

Les investigations ont été réalisées dans la principale zone de production de cacao, la région de Daloa, située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire (Fig.1). Le climat de la région est tropical humide avec une pluviométrie annuelle oscillant entre 1200 et 2000 millimètres d'eau [16]. Malgré une baisse pluviométrique de l'ordre de 40%, la zone bénéficie d'une bonne hygrométrie avec une température moyenne annuelle homogène de 26°C [17]. Au plan hydrographique, la région de Daloa est sous l'influence du fleuve Sassandra, de ses affluents (le Lobo et le Davo) et du lac de Buyo. La végétation renferme des forêts denses humides semi-décidues, des forêts mésophiles et des savanes humides [18]. Les activités économiques sont diversifiées, cependant l'agriculture reste la principale activité génératrice de revenu et est basée essentiellement sur les cultures pérennes telles que le cacao, le café, et le palmier à huile [16].



3 MÉTHODES

Le site d'étude a été identifié à travers la collaboration entre les coopératives de la région et la société YARA-Côte d'Ivoire. Les plantations de cacaoyers ont été choisies du fait de leur état sanitaire dégradé et de leur accès facile pour un meilleur suivi dans la région de Daloa (Fig.1). Les relevés ont été réalisés dans 6 parcelles de plantation naturellement infestées d'un âge moyen de 13 ans. Chaque parcelle de 400 m² est divisée en 25 carrés de 4 m de côté en référence aux travaux de [19] voir Fig. 2. Dans chaque carré, la diversité végétale a été relevée et les pieds de cacaoyer ont été numérotés. Le recensement des ravageurs et des maladies sur les pieds de cacaoyers a été réalisé par observation directe des symptômes décrits par plusieurs auteurs [20], [21], [22]. Pour quantifier les dégâts occasionnés par chaque ennemi sur le pied de cacaoyer, nous avons constitué une échelle d'appréciation du degré de couverture du pied par l'ennemi allant de 0 à 4, 0 est affecté aux plantes non attaquées et 4 aux plantes très attaquées. L'analyse de variance à un facteur a été utilisée pour étudier la répartition des pieds présentant des dégâts (SPSS 11.0.1). Il s'agit de voir si la position dans un carré est un facteur significatif dans le développement des ennemis. Lorsque l'ANOVA conclut à une différence significative ($\alpha \leq 0,05$), un test post-hoc est réalisé (test de rang multiple, $\alpha = 0,05$, TUKEY, SPSS 11.0). Le test de PEARSON a permis de mettre en évidence les relations entre les différents ennemis du cacaoyer.

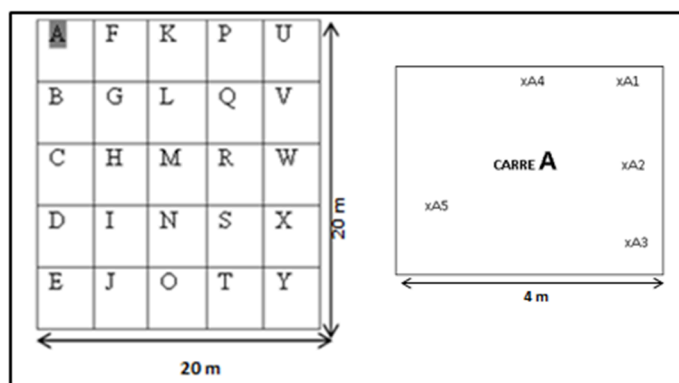


Fig. 2. Dispositif de relevés dans les plantations de cacaoyers de la région de Daloa.

4 RÉSULTATS

4.1 QUANTITÉS DES DÉGÂTS

4.1.1 RECONNAISSANCE DES ENNEMIS

Tous les individus composant la diversité végétale des plantations ont été identifiés. La végétation des plantations renferment le *Theobroma cacao* L. (Sterculiaceae), les cultures autres que le cacaoyer dont *Colocasia esculenta* (L.) Schott (Araceae), *Musa paradisiaca* L. (Musaceae) et *Dioscorea* sp. (Dioscoreaceae), et des espèces non cultivées (introduites ou conservées) telles que *Ficus exasperata* Vahl (Moraceae), *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn (Sapotaceae) et *Anthonota macrophylla* P. Beauv. (Rubiaceae) voir Tableau I. Au total 343 pieds de cacaoyers ont été observés et les ennemis ont été identifiés à travers les dégâts causés (Tableau II). Il s'agit du Swollen shoot, de la Pourriture brune, des Foreurs de tiges, des Fourmis, des Animaux rongeurs, des Mousses et d'Autres champignons (Fig. 3) La présence du Swollen shoot a été révélée par des symptômes tels que des décolorations sur les feuilles et un rabougrissement de certaines cabosses, de même une défoliation sévère des arbres. La Pourriture brune, se reconnaît aux taches translucides et brunes sur les cabosses qui envahissent toute la surface du fruit. D'Autres Champignons, non identifiés en détail ici, ce sont présentés sous forme de taches blanches couvrant le tronc et les branches du cacaoyer. Les Mousses, menace indirecte pour le cacaoyer en servant de réservoirs ou en empêchant l'apparition des fleurs, se sont signalés principalement sur les troncs et les branches des cacaoyers. Concernant les Foreurs de tiges, ils sont responsables des orifices reconnaissables par la présence de déchets rougeâtres qui s'échappent des trous sur les troncs. Les Fourmis de couleur rouge claire à rouge sombre, étaient présentes sur l'ensemble de l'arbre. Les dégâts provoqués par les Animaux rongeurs ont été observés principalement sur les cabosses mûres dans lesquelles ces animaux ont aménagé des ouvertures afin de retirer la fève. Ces ouvertures présentaient des morsures caractéristiques

des rongeurs tels que les écureuils et les rats. Le Gui de la famille des Loranthacées, est une plante parasite qui vit aux dépens du cacaoyer, identifiée ici grâce à ses fleurs et ses fruits en forme de baies rouges.

Tableau 1. Liste des espèces des plantations de cacaoyer de la région de Daloa

N°	Espèce	Famille	Statut
1	<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.	Bromeliaceae	cultivé
2	<i>Anthonota macrophylla</i> P. Beauv.	Rubiaceae	spontanée
3	<i>Bligia sapida</i> K. D. Koenig	Sapindaceae	spontanée
4	<i>Citrus</i> sp.	Rutaceae	introduite
5	<i>Coffea</i> sp.	Rubiaceae	cultivé
6	<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott	Araceae	cultivé
7	<i>Dioscorea</i> sp.	Dioscoreaceae	cultivé
8	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq	Arecaceae	introduite
9	<i>Ficus exasperata</i> Vahl	Moraceae	spontanée
10	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	introduite
11	<i>Manihot esculenta</i> Crantz.	Euphorbiaceae	cultivé
12	<i>Morinda Lucida</i> Benth.	Rubiaceae	spontanée
13	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Musaceae	cultivé
14	<i>Theobroma cacao</i> L.	Sterculiaceae	cultivé
15	<i>Vitellaria paradoxa</i> C.F.Gaertn.	Sapotaceae	spontanée

Tableau 2. Taux d'infestation et position des arbres dans les plantations de la région de Daloa

Ennemis observés	Nombre d'arbres infestés	Taux d'infestation (%)	Bord de plantation	Centre de plantation	Zone Intermédiaire
Autres Champignons	340	99,13	214	114	12
Mousses	308	89,8	197	102	9
Pourriture brune	266	77,55	167	89	10
Fourmis	191	55,69	123	63	5
Swollen Shoot	172	50,15	105	62	5
Foreurs de tige	19	5,54	17	2	0
Gui	7	2,04	4	3	0
Animaux rongeurs	6	1,75	5	2	0



Fig. 3. Symptômes des affections observées sur les pieds de cacaoyer dans la région de Daloa. A : Swollen shoot ; B : Pourriture Brune ; C : Foreur de tige ; D : rongeur ; E : Mousses ; F : Gui ; G : Fourmis ; H : Autres Champignons.

4.1.2 TAUX D'INFESTATION DES ENNEMIS

Les Autres Champignons, les Mousses et la Pourriture brune présentent les plus forts pourcentages d'infestation dans les plantations étudiées. Ces taux peuvent atteindre 90 % avec une valeur minimale de 77,55 %. Les Fourmis et le Swollen shoot ont un pourcentage d'infestation autour de 50 %. Les taux les plus faibles sont enregistrés chez les Foreurs de tiges (5,54%), le Gui (2,04%) et les Animaux rongeurs (1,75%) voir Tableau II.

4.2 DISTRIBUTION DES ENNEMIS

4.2.1 RÉPARTITION A L'INTÉRIEUR DE LA PARCELLE

La position du pied malade dans la parcelle est distinguée entre la position « centre », « intermédiaire » et « bord » voir Tableau II. L'analyse de la variance indique que la position de l'arbre malade à l'intérieur de la parcelle varie d'un ennemi à l'autre. De façon générale, le nombre d'arbres affectés est élevé en bordure de plantation. Dans le cas de la Pourriture brune, il y a une différence hautement significative au niveau de la position de l'arbre malade dans la parcelle (0,001), ainsi que pour les Autres Champignons (0,001), les Fourmis (0,002) et les Mousses (0,001) voir Tableau III. En effet, dans ces cas, plus de 50% des arbres infestés se retrouvent en bordure de plantation. Il existe aussi une différence significative chez les Foreurs de tiges (0,05). En revanche, il n'y a pas de différence significative pour le Swollen shoot (0,09), le Gui (0,169) et les Animaux rongeurs (0,330) voir Tableau III.

Tableau 3. *Significance de la distribution des affections à l'intérieur de la parcelle dans la région de Daloa*

Ennemis du cacaoyer	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Swollen shoot	20,721	1	20,721	16,883	0,009
Pourriture brune	27,452	1	27,452	173,574	0,000
Gui	,012	1	,012	2,573	0,169
Autres champignons	52,192	1	52,192	317,632	0,000
Foreurs de tiges	,106	1	,106	6,221	0,055
Fourmis	8,318	1	8,318	33,305	0,002
Animaux rongeurs	,008	1	,008	1,162	0,330
Mousses	33,010	1	33,010	47,965	0,001

4.2.2 CONSÉQUENCES DE LA COEXISTENCE DES ENNEMIS

L'analyse des corrélations montre que la Pourriture brune n'a pas de corrélation significative avec les autres ennemis du cacaoyer (Tableau IV). Les Fourmis sont négativement corrélées à tous les ennemis du cacaoyer. Notons qu'elles sont fortement corrélées particulièrement aux Mousses, au Swollen shoot et aux Autres Champignons. Le Swollen shoot est négativement corrélé aux Foreurs de tiges et, fortement et positivement corrélé au Gui, aux Autres Champignons et aux Mousses. Le Swollen shoot est également positivement corrélé aux Animaux rongeurs. Les Mousses sont positivement corrélés aux autres champignons, au Gui et aux Animaux rongeurs. Le Gui est positivement corrélé aux Autres champignons, aux Mousses et Animaux rongeurs.

Tableau 4. *Matrice de corrélation selon le test de Pearson. (**) La corrélation est significative au seuil de 0.01 ; (*) la corrélation est significative au seuil de 0.05. SW = Swollen shoot ; POU= Pourriture Brune, GUI= Lanthacées, CHP = Autres Champignons, FOUR = Fourmis Tisserands, AMX = Animaux rongeurs, MOU = Mousses.*

	SW	POU	GUI	CHP	FOR	FOUR	AMX	MOU
SW	1							
POU	-,020	1						
GUI	,163(**)	-,013	1					
CHP	,368(**)	,004	,179(**)	1				
FOR	-,114(*)	-,025	-,034	,061	1			
FOUR	-,305(**)	-,006	-,119(*)	-,219(**)	-,007	1		
AMX	,111(*)	,045	,262(**)	,096	-,031	-,047	1	
MOU	,414(**)	,090	,137(*)	,367(**)	,031	-,297(**)	,148(**)	1

5 DISCUSSION

5.1 PRÉVALENCE DES INFESTATIONS ET MENACE SUR LA PRODUCTION

Les plantations de cacaoyers dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire ne sont pas des monocultures car ils renferment un ensemble d'espèces végétales accompagnatrices du cacaoyer. Ces espèces, dont la densité varie généralement au cours du développement de la plantation, constituent une ressource essentielle à la vie quotidienne des populations [23], [24]. Dans les plantations étudiées, 8 ennemis ont été identifiés provoquant de nombreux dégâts sur les pieds de cacaoyers. Quelques-uns de ces ennemis ont également signalés par d'autres auteurs dans les plantations à l'Ouest de la Côte d'Ivoire [25], [26], [27]. Les taux d'infestation peuvent atteindre plus de 70 % dans le cas de la Pourriture brune à cause surtout des conditions météorologiques qui prévalent dans la région de Daloa et qui sont favorables au développement de cette maladie [28], [25],[29]. Il s'agit de bio-agresseurs du cacaoyer les plus importants au regard des dégâts causés qui provoquent des pertes de production estimées à près de 30% à l'échelle mondiale et 60% à l'échelle nationale. Le Swollen shoot a, quant à lui, infesté au moins 50 % des pieds de cacaoyers dans la région de notre étude. Ceci est alarmant quand on sait, grâce aux études [25], que dans la région de Bazré, la présence du Swollen shoot sur les pieds de cacaoyers conduit à une réduction de 54% du nombre de cabosses comparativement aux témoins sans symptômes. En effet, les pertes de production dues à la maladie sont estimées à environ 25 % la première année, environ 50 % la deuxième année avec un rendement nul accompagné de la mort du cacaoyer au bout de 3 à 5 ans [30]. Le Swollen shoot constitue l'une des maladies virales du cacao dont les conséquences économiques sont les plus importantes avec 30 à 40 % des pertes post-récoltes [31], [10]. L'humidité dans la région de Daloa est favorable

également au développement des Autres Champignons et des Mousses [16]. Dans les endroits peu ensoleillés de la plantation, les Mousses recouvrent l'écorce de la tige et de l'arbre empêche la floraison, et réduit par conséquent le nombre de cabosses produites [32]. Ce taux élevé de présence de Mousses (89,8%) engendre incontestablement des pertes sur la production de cacaoyer. Les dégâts causés par les autres ennemis, avec des taux d'infestations relativement faible, représentent cependant des contraintes additionnelles. En raison de la déforestation massive et des perturbations climatiques qui sont intervenues ces dernières années, des déprédateurs mineurs prennent de l'ampleur année après année [26]. La prise en compte de la biodiversité, dans la lutte contre les ennemis du cacaoyer des plantations, est importante pour développer une meilleure pratique agricole. Les dommages causés par les ennemis du cacaoyer menacent la durabilité de la production cacaoyère en Côte d'Ivoire [33].

5.2 INDICATEURS DE LUTTE CONTRE DES ENNEMIS DU CACAOYER

A l'intérieur de la parcelle, les infestations se répartissent de façon remarquable avec quelques fois des zones plus affectées que d'autres. Ce travail montre que dans la plupart des cas, le nombre de cacaoyers affectés est plus élevé à la bordure de la plantation. Les cacaoyers infestés sont significativement plus nombreux en bordure dans le cas de la Pourriture brune. Egalement, les arbres recouverts de Mousses sont significativement plus nombreux en bordure. En plus, il y a beaucoup plus d'arbres malades en bordure atteints d'affections liées aux Autres Champignons, aux Fourmis et aux Foreurs de tiges. Cette situation est décrite également par [34], qui informe que les plants des parcelles situés en bordure de plantation sont plus attaqués. Le degré d'infestation diminue cependant au fur et à mesure que l'on évolue vers le centre des vergers. Il ressort que la bordure de plantation est une zone sensible et que les actions de lutte contre certains ennemis du cacaoyer devraient l'intégrer. En revanche, les infestations ne sont pas distribuées de façon significative dans le cas du Gui, des Animaux rongeurs et du Swollen shoot. Pour les deux premiers ennemis cela peut être lié à leur faible représentation. En ce qui concerne le Swollen Shoot, cela indique que les contaminations semblent être faites de proche en proche [25]. Ce résultat est proche de celui de [2] dont les études sur les l'analyse spatiale et temporelle de la maladie à l'échelle des parcelles indiquent un processus de contamination de plante à plante. Il s'agit pour lui, d'une propagation à partir de foyers d'infection au niveau parcellaire. Egalement [35] informe que les analyses statistiques de ces infections révèlent qu'il n'y a pas de regroupement de plantes malades comme dans le cas des propagations entre plantes voisines. En effet au moins 40% de cacaoyers qui sont apparemment sains autour du foyer primaire sont en état d'infestation latente [36], [25]. La Pourriture brune n'a pas de corrélation significative avec les autres ennemis du cacaoyer mais elle est favorisée par la présence de certains. Notons que les Mousses conservent l'humidité qui augmente les risques de propagation de la Pourriture brune. Aussi, 6% des contaminations de la pourriture brune est dû aux insectes (Fourmis) et rongeurs (écureuils et les rats). Les Animaux rongeurs sont positivement corrélés à la plupart des ennemis. Cela peut s'expliquer par le fait que ces derniers pourraient être, par leur déplacement dans les plantations, des agents de disséminations des spores des champignons pathogènes et des graines des plantes parasites. Quant aux Fourmis, elles sont négativement corrélées aux autres ennemis du cacaoyer parce qu'à mesure que les maladies et parasite attaquent les vergers, les arbres perdent leur vigueur et s'affaiblissent ; leur qualités nutritives diminuent ainsi que leur capacité à abriter les fourmis [21]. Les cochenilles, responsables de la transmission du virus du Swollen shoot, sont hébergées par certaines plantes qui sont des hôtes alternatifs telles que certains Loranthacées ou Gui qui trouvent sur le pied malade des conditions adéquates pour la germination de leurs semences [37], [21]. Le Gui est positivement corrélé aux Mousses puisque le Gui se retrouve généralement dans les plantations âgées où le rhytidome est beaucoup plus développé entraînant un ombrage favorable au développement de l'humidité. La proximité avec des ennemis favoriserait donc le développement de certains d'entre eux. C'est le cas ici du Swollen shoot favorisé par la présence de Mousses, des Autres champignons et du Gui.

6 CONCLUSION

Dans la plupart des régions productrices de cacao en Côte d'Ivoire, le vieillissement des vergers est une réalité et un terrain favorable à de fortes pressions parasitaires. Cette étude confirme la présence et la progression de maladies et ravageurs, ennemis du cacaoyer, dans la région de Daloa. Au niveau de la plantation, la zone de plus fort développement des ennemis est la bordure de la plantation. Il est a remarqué aussi que la plupart des affections dominantes sont les plus significativement présentes en bordure de plantation. Les infestations les plus fortes sont le Pourriture brune, les Autres champignons et les Mousses (77 - 90%), le Swollen shoot (> 50%) et les Fourmis (> 50%). Les conditions de développement d'un ennemi du cacaoyer peuvent être améliorées par la présence d'un autre en ce qui concerne la progression et la propagation des infestations. Le Swollen shoot et la Pourriture brune qui constituent les ennemis les plus alarmants sur le plan économique sont notablement favorisés par la proximité d'autres ennemis. Ces informations fournissent une approche nouvelle de lecture des stratégies d'infestation des ennemis du cacaoyer. Elles permettraient d'améliorer le diagnostic et affiner la lutte contre des ennemis du

cacaoyer dans la région de Daloa. Par ailleurs, dans le contexte actuel du changement global, la préservation des espèces dans les plantations, pratiquée dans cette région, s'impose. Les espèces préservées ou introduites garantissent la sauvegarde d'une agrobiodiversité utile à l'écologie de la plantation mais également aux populations locales. Cependant, certaines plantes constitueraient des hôtes pour les ennemis du cacaoyer et renforceraient ainsi leur action. Il apparaît urgent que des travaux complémentaires soient entrepris afin de déterminer le rôle effectif de ces plantes dans les conditions de développement des ennemis du cacaoyer.

REMERCIEMENTS

Ces travaux ont été possibles grâce au soutien financier de la Société YARA-Côte d'Ivoire. Les auteurs témoignent leur profonde gratitude aux chefs de village et à Monsieur Maxim Ouattara pour les facilités de terrain.

REFERENCES

- [1] Fonds Monétaire International, *International Jobs Report*, Economist Intelligence Unit, Washington, DC, 2012.
- [2] OCDE/Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, *L'agriculture en Afrique subsaharienne : Perspectives et enjeux de la décennie à venir*, In : OECD (Eds.), OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025, Paris, pp. 63-105, 2016.
- [3] J. Braudeau, La production cacaoyère dans l'économie mondiale. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, vol. 26, n° 3 - 4, pp. 217 - 232, 1979.
- [4] Zamble C., *Impact du changement de politique agricole dans la filière cacao en Côte d'Ivoire : analyse de son évolution*. Mémoire de Maîtrise en études internationales des arts (M.A.), Université de Laval, Québec, Canada, 92 p., 2015.
- [5] Koulibaly, A., D. Goetze, S. Porembski & L. Aké-Assi. *Vegetation characteristics and changes under cash crop cultivation in forest-savanna mosaics in Côte d'Ivoire*. In: X van der Burgt, J. van der Maesen & J.M. Onana (eds), *Systematics and Conservation of African Plants*. Royal Botanic Gardens, Kew, pp. 805-814, 2010a.
- [6] Goetze D., Koulibaly A., Porembski S. & Traoré D. *La dynamique récente de la végétation*. In : Konaté S & Kampmann D (eds). *Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest*, Tome III : Côte d'Ivoire. Abidjan & Frankfurt/Main, pp. 377-384, 2010.
- [7] Koulibaly A., Goetze, D. Porembski S. et Traoré D. *L'Agroforesterie en fonction des zones éco-climatiques de la Côte d'Ivoire*. In : Konaté S & Kampmann D (eds). *Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest*, Tome III : Côte d'Ivoire. Abidjan & Frankfurt/Main, pp. 393-396, 2010b.
- [8] A. Koulibaly, A.DE. Amon, D. Konan, D. Goetze D, K. Traoré, Evaluation of the Impact of the "Clearing Practice" on Vegetation for Sustainable Cacao Culture in Côte d'Ivoire. *International Journal of Science and Research*, vol. 6, n° 1, pp. 44-50, 2017.
- [9] C.A. Djedjro, N. E. Assidjo, B. Yao, Effets des dispositifs de séchage à l'air libre sur la qualité des fèves de cacao bord champ. *Révolution Ivoire Sciences Technologie*, vol. 11, 45 – 58, 2008.
- [10] ICCO. *Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics*, International Cocoa Organization Westgate House, London, United Kingdom. (ICCO), Vol. XLI, No. 4, Cocoa year 2014/15.
- [11] Kebe I. B., Koffie K., N'Guessan K. F., Assiri A. A., Adiko A., Ake S. & Anno P A., *Le Swollen Shoot en Côte d'Ivoire: situation actuelle et perspectives*. In: 15ème conférence internationale sur la recherche cacaoyère, San José (Costa Rica), vol. 2, pp. 907-922, 2006.
- [12] A.A. Assiri, A. Konan, K.F. N'guessan, B.I. Kébé, K.E. Kassin, J.Y. Couloud, A.R. Yapo, G.R. Yoro & A. Yao-Kouamé, Comparaison de deux techniques de replantation cacaoyère sur antécédents culturels non-forestiers en Côte d'Ivoire. *African Crop Science Journal*, vol. 23, no. 4, pp. 365 – 378, 2015.
- [13] Amoah A.A., Determination of postharvest losses in cocoa (*Theobroma cacao*) from harvest to the depot. Thesis. 92 p, 2013.
- [14] R.C. Ploetz, Cacao diseases: Important threats to chocolate production worldwide. *Phytopathology*, vol. 97, pp. 1634-1639, 2007.
- [15] A.H. N'Guessan, K.F. N'Guessan, K.P. Kouassi, N.N. Kouame, P.W. N'Guessan, Dynamique des populations du foreur des tiges du cacaoyer, *Eulophonotus myrmeleon* Felder (Lépidoptère : Cossidae) dans la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 9 p., 2014.
- [16] C.Y. Koffie-bikpo & K.S. Kra, La région du Haut-Sassandra dans la distribution des produits vivriers agricoles en Côte d'Ivoire. *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, n° 2, pp. 95-103, 2013.

- [17] R. Ligban, L.D. Goné, B. Kamagaté, M.B. Saley & J. Biemi, Processus hydrogéochimiques et origine des sources naturelles dans le degré carré de Daloa (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 3, n° 1, pp. 38-47, 2009.
- [18] Guillaumet et Adjanohoun, *La végétation de la Côte d'Ivoire*. In *Le Milieu Naturel de la Côte d'Ivoire*. Paris, ORSTOM, Mémoire n° 50, pp.157-263, 1971.
- [19] Koulibaly A., *Caractéristiques de la végétation et dynamique de la régénération sous l'influence de l'utilisation des terres dans les mosaïques forêts-savanes, des régions de la Réserve de Lamto et du Parc National de la Comoé, en Côte d'Ivoire*. Thèse Doct. UFR Biosciences, Université Cocody-Abidjan. 150p. 2008.
- [20] Fossouo K.A.L., *Développement spatio-temporel de la pourriture brune des fruits du cacaoyer : Cas de deux parcelles paysannes des provinces du Centre et du Sud Cameroun*. Mémoire pour l'obtention du Master en Statistique Appliquée. Université de Yaoundé 1, École Nationale Supérieure Polytechnique, Département de mathématiques et de sciences physiques. 93p. 2006
- [21] Sonii, D., *A la découverte de la production durable du cacaoyer : guide de formation participative des planteurs. 1. la lutte intégrée*. Sustainable Tree Crops Program, International Institute of Tropical Agriculture. Yaoundé, Cameroun. Version mars 2005, 13p., 2005.
- [22] Kebe I.B., La maladie du swollen shoot du cacaoyer. Atelier international d'échanges sur la maladie du swollen shoot 26 au 28 novembre 2013 – N'SA Hôtel de Grand Bassam. 36 p., 2013.
- [23] S.C. Piba, A. Koulibaly, D. Goetze, S. Porembski & D. Traoré, Diversité et importance sociale des espèces médicinales conservées dans les agrosystèmes cacaoyers au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Annales de Botanique de l'Afrique de l'Ouest* n° 7, pp. 80-96, 2011.
- [24] A. Koulibaly, M. Monian, A.A.B.J. Ackah, M.W. Koné & K. Traoré, Etude ethnobotanique des plantes médicinales : cas des affections les plus fréquentes d'une région agricole Daloa (Centre Ouest Côte d'Ivoire). *Journal of Animal and Plant Sciences*, vol 31, n°2, pp. 5021-5032, 2016.
- [25] K. Kouakou, B. Kebe, N. Kouassi, A.P. Anno, S. Aké & E. Muller, Impact de la maladie virale du swollen shoot du cacaoyer sur la production de cacaoyère en milieu paysan à Bazrê (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, vol. 43, pp. 2947-2957, 2011.
- [26] K.J.-C. N'guessan, O.F. Akotto, D. Snoeck, M. Camara, A. Yao-Kouamé, Potentiel de fertilité chimique des vergers de cacaoyer *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) en Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies* vol. 18, n° 3, pp. 868-879, 2016.
- [27] H.S. Koua, MD.A.N. Coulibaly, M.A.W.B. Alloue, Caractérisation des vergers et des maladies de cacao de la Côte d'Ivoire : cas des départements d'Abengourou, Divo et Soubré. *Journal of Animal & Plant Sciences*, vol. 35, n° 3, pp. 5706-5714, 2018.
- [28] Despréaux D., Cambrony D., Clément D. et Partiot M., *Etude de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer au Cameroun : définition de nouvelles méthodes de lutte*. In : Stephen Austin and sons (eds.), Proc 10th Int Cocoa Res Conf, Santo Domingo, République dominicaine, pp. 407-412, 1988.
- [29] Oro Z.F., *Analyse des dynamiques spatiales et épidémiologie moléculaire de la maladie du swollen shoot du cacaoyer au Togo : Etude de la diffusion à parti des systèmes d'information géographiques*. Thèse de doctorat : Université Montpellier 2, 263p, 2011.
- [30] A.F. Posnette, Virus diseases of cacao in West Africa. I. Cacao viruses 1A, 1B, 1C and 1D. *Annals of applied Biology*, vol. 34, 388, 1947.
- [31] H. Dzahini-Obiatey, O. Domfeh and F.M. Amoah, Over seventy years of a viral disease of cocoa in Ghana: from researchers' perspective. *African Journal of Agricultural Research*, vol. 5, n° 7, pp. 476-485, 2010.
- [32] OIT, *Manuel du producteur relais sur les techniques d'accroissement de la productivité du cacao* / IPEC; Organisation Internationale du Travail, Programme international pour l'abolition du travail des enfants - Genève, 111p., 2013.
- [33] Koko L.K.A., Influence des caractères morphopédologiques et chimiques des sols sur la dégradation précoce des cacaoyers dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat Unique de l'Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 148 p. 2008.
- [34] ADÉ Amon, A. Koulibaly, B. Dro & D. Soro, Parasitisme des Loranthaceae dans les agroécosystèmes à base de cacaoyers, de caféiers et d'hévéas dans la région du Sud-Comoé, en Côte d'Ivoire. *REB-PASRES*, vol 2, n°1, pp. 3-14, 2017.
- [35] J. G. Bald, Investigations on "spotted wilt" of tomatoes; III. Infection in field plots. *CSIRO Commonw; Aust. Bull.* n° 106 pp. 1-32. 1937
- [36] K.M. Thresh, The spread of virus disease in cacao. *Tech. Bull.* W Afri cacao res. Inst. 36 p., 1958.
- [37] Aka. R., *Hôtes alternatifs du virus du Swollen shoot du cacaoyer*. Atelier International d'échange sur la maladie du Swollen shoot du cacaoyer. Grand Bassam, Côte d'Ivoire, 2013.

Ageing is a contributing factor to excess weight in adult First Nations living on the reserves of British Columbia, Canada

Victor Buhendwa Mirindi^{1,2} and Kalum Muray³

¹Department of Nutrition, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bukavu (ISTM-Bukavu), RD Congo

²Faculty of Medicine, University of Kisangani, RD Congo

³Université Laurentienne, Faculté de la santé, Canada

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Background:* Excess weight (EW) a public health problem in First Nations living on the reserves of British Columbia (BC). EW is a multifactorial condition involving biological, genetic, cultural and environmental and sociodemographic and lifestyle factors. We hypothesize that age is a risk factor of excess weight in that population. The objective of this study was to determine whether age is an important factor to be considered in interventions aiming to prevent or manage excess weight, specifically obesity.

Method: A cross-sectional study on data collected in 2008 and 2009 through a research study named “First Nations Food, Nutrition and Environment Study” (FNFNES), aiming to document the nutritional status and exposure to contaminants in Canadian First Nations communities living south of the 60th parallel. Three level’s random sampling: province, communities and households. 493 women and 356 men aged 19 years and over were randomly selected from households in 20 communities. The statistical analysis software (SAS 9.1) was used to carry out univariate, bivariate and multivariate analysis.

Results: Association between excess weight and age was observed only in women. As compared to reference age group (19 – 30years), obesity was increased 2.2 times in the 31 to 50 years age category and 4.2 times in the 50 to 70 years category. Similar trend was observed for overweight which augmented 1.06 and 1.28 times respectively in the 31 to 50 years and 51 to 70 years categories. No association was observed in men.

Conclusions: EW was associated to age in the FN women. In men, although no significant association was seen between the two variables, the prevalence of EW increased with age in bivariate analysis. Policies aiming reduction of excess weight should be implemented in early life, in childhood, for a healthier and safer adulthood.

KEYWORDS: excess weight, overweight, obesity, age, sociodemographic factors, First Nations, British Columbia, Canada.

1 BACKGROUND

There is consistent evidence showing that the prevalence of excess weight is increasing all over the world [1]. The term « Excess weight » (EW) refers to overweight or pre-obesity [1,2] and to obesity, the first being a pathway to the latter. It’s an excessive accumulation of fat due to a long term energy misbalance [2,3,4].

Consequences of higher prevalence of overweight and obesity are 1) medical through high morbidity and mortality (cardiovascular diseases, hypertension, diabetes, dyslipidemia, cancer etc. [5,6,7], 2) economic (high direct costs of management co-morbidities by health services, loss of productivity, absenteeism and premature death [8,9] and 3) psychosocial (anxiety, depression, low self-esteem) [10,11].

In Canada, the prevalence of excess weight is 59.1%, of which 23.1% can be ascribed to obesity and 36.0% to overweight [12]. According to some isolated studies, these proportions are higher in Canadian aboriginal populations [13,14], which justifies the present study, contributing trying to identifying the related factors.

Canadian Aboriginal group comprises FN, Inuit and Metis communities [15,16]. Although many of them have moved to urban areas for better life conditions such as education, employment and health care, a large majority is still living on the reserves [17]. As compared to other Canadians, the Aboriginal people encounter among other problems, lower life quality and lower life expectancy [15], more mental and physical diseases, higher risk of cardiovascular diseases [18], more excess weight and diabetes [19]. For this reason, the World Health Organization [20] has recommended to search for new strategies aiming to a better understanding of the health determinants in the aboriginal populations. Earlier, Receveur et al. [21] called for new initiatives in order to document the health status of Aboriginal populations and to prevent negative health consequences.

In BC, no regional study has been carried out to date regarding FN nutrition. However, isolated studies conducted in some communities evoked a higher prevalence of obesity in aboriginal populations than in the general Canadian population [22,13] and higher morbidity and mortality related to overweight and obesity [23,24]. This study aimed to describe the phenomena of excess weight among adult First Nations, aged 19 years and over, living on the reserves of BC.

Excess weight is a multifactorial condition involving biological, genetic, cultural and environmental factors [25,26,27,8]. Association has been evoked in general populations between obesity and food insecurity [28,29,30], obesity and diet quality [13,31,32,33]; also, sociodemographic factors have been shown to play a role in the development of obesity, including age, gender, education, employment, income and ethnicity [34,35,36,37].

Age has been linked to obesity in other studies; Laitinen et al. [38] suggested that age was a predictor of abdominal obesity and that weight gain after adolescence was a strong risk factor. Therefore, he recommended more assistance and counseling to adolescents and young adults, which could help lower the risk of obesity later in the life [39, 38].

In Canadian Arctic, such association was found in Inuit and Yukon in age categories ranging from 20 to 60 and more years old. BMI means and the percentages of obesity increased with age, but less in lower categories and much more in higher age categories [13].

Starkey et al. [40], investigating the nutritional status of recipients from urban food banks in the metropolitan region of Montreal in Canada, found that their mean energy intake was similar to other Canadian populations and was not associated to sociodemographic variables except age and gender, through biological variations; in addition, the mean BMI distribution in the participants was similar in the Canadian general population.

The potential role of fetal malnutrition in the development of excess weight in fetal life and early childhood is to be considered aggravating the problem of excess weight in the world [41]. Overnutrition during fetal life, with higher intakes of free fatty acids and glucose would contribute to obesity over life [42], as a result of fetal programming leading to irreversible modifications in energy metabolism and appetite control [42]. However, in a literature review, Skidmore et al. [43] suggested that obesity in adulthood is not necessarily a consequence of excess weight in childhood, rather energy misbalance all life, from birth to oldness.

Therefore, we think that age is an important sociodemographic factor to be investigated and considered for better targeting interventions aiming to prevent or treat excess weight; indeed, the costs of excess weight can be very high, therefore evidence identifying the most concerned age category to be targeted might be helpful.

Our study aims to determine whether aging is an important factor to be considered when planning interventions aiming excess weight management, specifically obesity. It's known that in western societies, younger age groups are showing higher prevalence of obesity, but this is mainly due to school diet quality as characterized by high consumption of sweet drinks, and less physical activity.

We hypothesize that age is a risk factor of excess weight in FN living on the reserves of BC, i.e. higher age categories are more exposed to excess weight, as physiologically the ratio fat/muscles is higher than in normal younger categories [44], they may not be able to maintain a balanced diet if there is no social support and 3) physical activity decreases with age.

2 METHODS

A cross-sectional survey conducted in the frame of the author's PhD theses (University of Montreal, 2013), on data collected in 2008 and 2009 through a research study named "First Nations Food, Nutrition and Environment Study" (FNFNES), aiming to document the nutritional status and exposure to contaminants in Canadian First Nations communities living south of the 60th parallel [45]. The survey included anthropometric data, dietetic and sociodemographic and lifestyle data.

This study focuses only on the BC region, especially on the FN group, which is the largest of the aboriginal population groups living on the reserves of BC [45].

2.1 SAMPLING

As performed by FNFNES [45]. Participants had to be aged 19 years and over, identify themselves as FN living in the reserve and provide a written consent [45]. A three level random sampling approach was used [45] due to budget constraints and the large geographic distribution of the population [45,46]; 21 communities were selected out of 198 FN communities in BC. From the housing lists of the selected communities 100 households were selected and in each household, one adult person, woman or man, was selected as a household representative. The initial sample was 1103 participants of which 705 were women and 390 were men.

2.2 DATA COLLECTION TOOLS

The questionnaire used in this study was related to the FNFNES project, as based on studies conducted in Canadian Aboriginal populations [45].

In order to calculate the body mass index (BMI), expressed as a ratio weight (in kg) / height² (in meters) [1,47], height was measured without shoes, using a stadiometer (precision 0.5cm). For weight, a scale (precision = 100gr) was used and participants were measured in light clothing, without shoes. When participants did not accept to be measured, self-reported data of height and weight were used to calculate BMI [13,48]

Information regarding age was collected using a questionnaire as suggested for socioeconomic and lifestyle variables, especially those that might influence excess weight risk, including age [49]. Age was confirmed using identity documents such as driving license, medical insurance card, student cards or hospital cards. Participants were defined as adults when they were aged 19 years and over.

2.3 VARIABLES AND INDICATORS

Excess weight was estimated by the body mass index (BMI), as well as for the sub-variables, overweight or obesity [2,3]. Participants were defined as normal, overweight or obese respectively, when BMI was between 18.5 and 24.9, 25.0 and 29.9, and 30.0 and over, respectively. The obesity group comprised 3 sub-classes: classe I ($30.0 \leq \text{IMC} \leq 34.9$), classe II ($35.0 \leq \text{IMC} \leq 39.9$) and classe III (≥ 40.0) [1] respectively, as correlated with “moderate”, “important” and “very important risk” of associated morbidity [50,1]

2.4 STATISTICAL METHODS

The collected data were encoded using Epi-info software, version 3.4.3. For data analysis, we used the Statistical Analysis Software (SAS), version 9.1.

2.5 DATA ANALYSIS

All analyses were stratified by gender as evidence shows that women and men report differently their BMI [51,52] and their feeding habits [53,54]. All participants missing one or more anthropometric data (weight or height), age, or had a BMI less than 18.5 were excluded [55] along with pregnant and lactating women due specific conditions [13,56]

Due to small effective numbers in some categories, the three obesity sub-categories ($30.0 \leq \text{BMI} \leq 34.9$, $35.0 \leq \text{BMI} \leq 39.9$ and $\text{BMI} \geq 40.0$) were grouped into one BMI group, i.e. equal or greater than 30 kg/m^2 [57,55,33].

Regarding age, four categories were created according to the life physiologic steps: young adults (19-30years), mean aged adults (31-50years), adults aged 51 to 70years and adults over 70 [32]. However, the latter were excluded from analysis due to small numbers. Table 1 in the annex rubric shows the variable categories and thresholds.

Table 1. Variable characteristics and thresholds

Variable	Categories	Thresholds
Excess weight (BMI) (WHO, 2003)	Normal	$18.5 \leq \text{BMI} \leq 24.9$
	Overweight	$25.0 \leq \text{BMI} \leq 29.9$
	Obese	$\text{BMI} \geq 30.0$
Age (years)	19 – 30	-
(Otten et al., 2006)	31 - 50	-
	51 - 70	-

For data analysis, two steps as described here after were followed:

Step 1: Univariate and bivariate analysis

During this descriptive analysis step, preliminary signification tests were performed separately in women and men; the three level of excess weight (dependent variable) were crossed with the three age groups (independent variable) using the Pearson's Chi-square as the independent variable was categorical [58,59]. The p values generated allowed to identify bivariate associations at $p = 0.05$ threshold [60,61].

Step 2: Significant variables were included in multivariate analysis (logistic regression model), with excess weight being as dependent variable and age as independent variable. Significant odd ratios were used to predict associations between variables [62]. The odd ratios are presented along with confidence intervals at 95%, reference categories being attributed value 1 [63].

3 RESULTS

The results of our research are presented in tables in the following chapter, separately for women and men [64].

3.1 RESULTS FROM UNIVARIATE AND BIVARIATE ANALYSIS

Table 2 shows the sample characteristics of the population, including numbers of participants, gender and age categories. A total of 849 adults participants joined the study, among which 493 women (58.1%) and 356 men (41.9%).

Table 2. Description of the study sample

Age (years)	Women (n = 493)	Men (n = 356)	Total (n = 849)
	n (%)		
19-30	83 (16.8)	62 (17.4)	145 (17.1)
31-50	264 (53.5)	162 (45.5)	426 (50.2)
51-70	146 (29.6)	132 (37.1)	278 (32.7)
Mean $\pm$ ET	43.4 $\pm$ 12.6	45.1 $\pm$ 13.2	44.3 $\pm$ 12.9

Overall, the majority of the participants ranged from 31 to 50 years old. In women, mean age was 43.4 (± 12.6) years, with 16.8% of respondents ranging from 19 to 30 years old, 53.5% from 31 to 50 years, and 29.6% from 51 to 70 years. In men, the mean age was 45.1 (± 13.2) years, with 17.4% of respondents ranging from 19 to 30 years old, 45.5% from 31 to 50 years, and 37.1% from 51 to 70 years.

Table 3 shows the distribution of BMI variable and sub-variables among both female and male participants. Overall, the mean BMI was 29 ± 6.3 kg/m²; only few of them had a normal BMI (23.4%) while the majority was of excess weight (76.6%), being either overweight (35.7%) or obese (40.9%).

Table 3. Distribution of excess weight (BMI) among adult women and men

Variable	Sub-variables	Women (n=493)	Men (n=356)	Total n = 849
		n (%)		
BMI	Normal	116 (23.6)	83 (23.3)	199 (23.4)
	Overweight	156 (31.6)	147 (41.3)	303 (35.7)
	Obesity	221 (44.8)	126 (35.4)	347 (40.9)
	Excess weight (overweight + obesity)	377 (76.4)	273 (76.7)	651 (76.6)
	Mean $\pm$ ET	30.0 $\pm$ 6.7	28.9 $\pm$ 5.8	29 $\pm$ 6.3

This trend was also observed within the two genders separately; in women, the mean BMI of the sample was $30.0 (\pm 6.7)$ kg/m²; only 23.5% had a normal BMI versus 31.6% overweight and 44.8% obese, which is a global prevalence of 76.4% (31.6% + 44.8%) of excess weight. In men, the mean BMI was $28.9 (\pm 5.8)$; for women, a similar trend was observed: only 23.3% had a normal BMI versus 41.3% overweight and 35.4% obese, that is a global prevalence of 76.7% (41.3% + 35.4%) of excess weight.

Table 4 confronts the prevalence of excess weight for both adults FN women and men on the reserves of BC with to prevalence data from previous researches aiming the Canadian general population where excess weight was already described as public health problem. It appears that the prevalence of excess weight was higher in FN than in overall Canadian women and men. This was also the case for the sub-variables of excess weight, especially obesity as the proportions were almost doubled in women and more than 12% higher in men.

Table 4. Prevalence of excess weight in FN women and men versus overall Canadian women and men

Variable	Sub-variables	Prevalence			
		Women		Men	
		First Nations	Canada*	First Nations	Canada*
Excess weight	Overweight	31.6	30.2	41.3	42.2
	Obesity	44.8	23.2	35.4	22.9
	Excess weight	76.4	53.4	76.7	65.1
	Normal	23.6	46.6	23.3	34,9

* From Ford and Mokdad [32]

Table 5 shows that in women, age seems to be associated excess weight (BMI) ($p < 0.001$) in bivariate analysis. This result suggests that among women, those with excess weight seemed to be older than then women with normal weight. These variables will then be submitted to multivariate analysis.

Table 5. Body mass index and age in women

		BODY MASS INDEX			
		Normal (n = 116)	Overweight (n = 156)	Obesity (n = 221)	
	n	Percentages			p
Age (years)					<0,001
19-30	83	23.3	19.2	11.8	
31-50	264	55.2	54.5	52.0	
51-70	146	21.6	26.3	36.1	
Mean $\pm$ ET		41.5 $\pm$ 12.3	42.7 $\pm$ 12.4	44.8 $\pm$ 12.4	

Table 6 shows that age was not associated to excess weight in this study ($p = 0.78$). Therefore, the variables were not considered in multivariate analysis. However, it appears from this table that the prevalence of excess weight was increasing with age in the older age categories, compared to the younger age category.

Table 6. Body mass index and age in men

	n	BODY MASS INDEX			p
		Normal n = (116)	Overweight (n = 156)	Obesity (n = 221)	
		Percentages			
Age (years)					0.78
19-30	62	20.5	18.4	14.3	
31-50	162	45.8	44.9	46.0	
51-70	132	33.7	36.7	39.7	
Mean ± ET		43±13.0	45±13.0	46±13.0	

3.2 RESULTS FROM MULTIVARIATE ANALYSIS

Table 7 shows the risk of overweight and obesity varies as a function of age in women, the lowest age category (19-30 years) being taken as a reference. The risk of excess weight increases 1.06 times (CI at 95% : 0.53-2.10) and 2.22 times (CI at 95%: 1.10-4.51) respectively for overweight and obesity in the 31 to 50 years category; in the higher age category (51 – 70 years), the risk of excess weight increases 1.28 times (CI at 95%: 0.57-2.89) and 4.17 times(CI at 95%: 1.84-9.49) for overweight and obesity respectively, as compared to the reference.

Table 7. Risk of overweight/obesity and age in women

	INDICE DE MASSE CORPORELLE		
		Overweight ($25.0 \leq \text{BMI} \leq 29.9$) n = 156 (Ref: normal, n= 116)	Obesity ($\text{BMI} \geq 30.0$) n = 221 (Ref: normal, n= 116)
	n	OR (95% CI)	
Age (years)			
19-30	83	1.00	1.00
31-50	264	1.06 (0.53-2.10)	2.22 (1.10-4.51)
51-70	146	1.28 (0.57-2.89)	4.17 (1.84-9.49)

4 DISCUSSION

Our study aimed to investigate the relationship between excess weight as dependent variable, and age as independent variable, in FN living on the reserves of British Columbia, in Canada, separately for women and men. This study confirms that EW was a real health problem in women and men FN living on the reserves of BC. Indeed, compared to the general Canadian population, they have higher prevalence of excess weight (Tables 3, 4).

In women, age was associated with EW as risk factor in this study (table 7); as compared to the lowest and reference age group (19 – 30years) obesity phenomenon was increased 2.2 times in the 31 to 50 years age category and 4.2 times in the 50 to 70 years category. Similar trend was observed for overweight which augmented 1.06 and 1.28 times respectively in the 31 to 50 years and 51 to 70 years categories. The trend remained unchanged even when other risk factors were added to the logistic model along with age, which indicates the strength of the association.

Looking also at results from bivariate analysis (table 5) as carried out for women, a significant association was observed between EW and age ($p < 0.001$); the prevalence of EW was lower in the lowest age category (19 – 30 years), i.e. 19.2% and 11.8% respectively for OW and OB; it was higher in the 31 to 50years category (54.5% and 52% respectively for OW and OB); the prevalence dropped in the higher age category (51 to 70years) but remained higher than in the younger age category (26.3% et 36.1% respectively, for OW and OB).

Regarding men, no logic model could be drawn as there was no significant association observed between BMI and age in bivariate analysis ($p=0.78$) (table 6); therefore the variables could not be included in a logistic model for more investigation of the eventual link between excess weight and age. However, considering the prevalence data over the category groups, similar trend was observed in men like for women. The prevalence of EW was lower in the 19 – 30 year category (18.4% and 14.3% respectively for OW and OB); it was higher in the 31 to 50year category (44.9% and 46.0% respectively for OW and OB); the prevalence dropped in the higher age category (51 to 70years) but remained higher than in the younger age category (36.7% et 39.7% respectively, for OW and OB).

Age has been associated to EW in diverse studies. Although they used a different age classification, Mokdad et al.[65] observed similar trend for obesity in American women aged 20 to 69 years who participated in the Behavioral Risk Factors Surveillance System in 2001. In that national study, obesity augmented progressively over age categories, moving from 14.0% in the lower category (18-29years) to 26.1% in the 50 to 59 years category before dropping 25.3% from 60 years and 17.1% from 70 years, but still remaining higher in than the younger age category as observed in our study. Using both simple logistic models adjusted only for age and fully adjusted models, the study suggested that age was a risk factor of obesity, with a dose-response effect.

Our results are also similar to those found in the Canadian Arctic by Kuhnlein et al. [13] on Inuit and Yukon women. In that research, the mean BMI and the proportions of obesity increased with age; they were relatively lower in younger age categories from 20 to 40 years, augmented in the 41 to 60 years category and – this was different from our study - they continued to augment after 60 years. The difference was probably due to differences in age categorization.

This study is in accordance with Torrance et al. [66], a study conducted on Canadian women who participated in the Canadian Heart Health Survey between 1986 et 1992; they showed that obesity increased with age, from 10.6% between 20 and 44 years to 22.9% between 45 and 69years. A similar trend was observed in women who participated in two other Canadian national health studies, namely the Nutrition Canada Survey between 1970 and 1972, and the Canadian Health Survey between 1978 and 1979 [66].

Still in Canada, Tremblay et al. [37] have also observed an augmentation of the prevalence of EW and obesity with age in both aboriginal women living out-reserves and non-aboriginal women. Same results were found by Kuhnlein et al. [13] who

showed that BMI increased with age in the Canadian Arctic. Moreover, Laitinen et al. [38] observed in their study that weight gain in adolescence was strongly associated with abdominal obesity, therefore they suggested that age was a predictor of abdominal obesity.

5 CONCLUSION

This study confirms that EW is a real health problem in women and men FN living on the reserves of BC. Indeed, compared to the general Canadian population, they have higher prevalence of excess weight, especially for obesity. Both sexes are concerned by the problem but when investigating the relationship between Excess weight and age; an association was found only in women, in both bivariate and multivariate analysis. In men, no association was seen, even in bivariate analysis. We recommend more investigations such as longitudinal studies, to be carried out on bigger samples in order to clarify whether age is not a contributing factor for excess weight in men, and to confirm the findings in women.

However, considering the heavy health and socioeconomic consequences of EW, high prevalence of EW calls for measures and interventions from authorities and other stakeholders, aiming both prevention and treatment. Strategies should combine dietetic and physical exercise approaches, and be applied starting younger ages, in order to prepare a healthier and safer adulthood. Ethically, men should be included in the strategies until the lack of association is proved.

Moreover, the management of excess weight is very costly [24]; therefore, we think that focusing programs on more risky age groups instead of tackling all groups together at the same time would allow for more performance through fewer expenses, better targeting and better coverage.

WHAT IS ALREADY KNOW ON THIS TOPIC

Include maximum of 03 points of what is already known on this topic (in bullet points)

- Excess weight is associated with diet quality

WHAT THIS STUDY ADDS

Include maximum of 03 points of what your study adds (in bullet points)

- Age is an important factor to be considered when planning interventions aiming to reduce the prevalence of excess weight.

COMPETING INTERESTS

The authors declare no competing interest.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

The author Victor Buhendwa Mirindi performed the data analysis and wrote-up the full manuscript.

The co-author Kalum Muray contributed to writing-up the manuscript.

ACKNOWLEDGEMENTS

To the "First Nations Food, Nutrition and Environment Study" (FNFNES), as they allowed access to the data for the corresponding author's PhD research.

REFERENCES

- [1] OMS. *Prévention et Prise en Charge de l'Epidémie Mondiale: rapport d'une consultation de l'OMS*. Genève: Organisation Mondiale de la Santé, 2003. http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_894/fr/ consulté le 13.02.2017
- [2] Bergouignan, A., and Blanc, S. Énergétique de l'obésité. *Médecine et Nutrition*. 2010; 46(2): 55-62.
- [3] Lau, D. C., Douketis, J. D., Morrison, K. M., Hramiak, I. M., Sharma, A. M., and Ur, E. Canadian clinical practice guidelines on the management and prevention of obesity in adults and children [summary]. *Canadian Medical Association Journal*. 2006; 176(8): S1-13.

- [4] Bélanger, M., Leblanc, M.J. and Dubost, M. La nutrition, 4^e édition. Chenelière Education. Montréal, Québec. 2015: 440p.
- [5] Manson, J. E., Willett, W. C., Stampfer, M. J., Colditz, G. A., Hunter, D. J., Hankinson, S. E. and Speizer, F. E. Body weight and mortality among women. *The New England Journal of Medicine*. 1995; 333(11):677-685.
- [6] Jung, R. T. Obesity as a disease. *British Medical Bulletin*. 1997; 53(2):307-321.
- [7] World Cancer Research Fund / American Institute for Cancer Research (Éd.), *Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective*. Washington DC: AICR. 2007.
- [8] Wyatt, S. B., Winters, K. P., & Dubbert, P. M. Overweight and obesity: prevalence, consequences, and causes of a growing public health problem. *American Journal of the Medical Sciences*. 2006; 331(4):166-174.
- [9] Swinburn, B. A., Craig, P. L., Daniel, R., Dent, D. P., & Strauss, B. J. Body composition differences between Polynesians and Caucasians assessed by bioelectrical impedance. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*. 1995; 20(10): 889-894.
- [10] Schlienger J.L. Nutrition clinique pratique chez l'adulte et l'enfant, 2^e édition. 2014; Elsevier Masson, Paris. 2014: 317p.
- [11] Wurtman, R., et Wurtman, J. (1995). Brain serotonin, carbohydrate-craving, obesity and depression. *Obesity Research*. 1995;3,477S.
- [12] Shields, M., et Tjepkema, M. Regional differences in obesity. *Health Reports*. 2006; 17(3): 61-67.
- [13] Kuhnlein, H. V. Receveur, O., Soueida, R., and Egeland, G. M. Arctic indigenous peoples experience the nutrition transition with changing dietary patterns and obesity. *Journal of Nutrition*. 2004; 134(6), 1447-1453.
- [14] Garriguet, D. Obesity and the eating habits of the Aboriginal population. *Health Reports*. 2008; 19(1): 21-35.
- [15] Adelson, N. The embodiment of inequity: Health disparities in aboriginal Canada. *Canadian Journal of Public Health. Revue Canadienne de Santé Publique*. 2005; 96 Suppl 2, S45-61.
- [16] Wilson, K., and Rosenberg, M. W. Exploring the determinants of health for First Nations peoples in Canada: Can existing frameworks accommodate traditional activities? *Social Science and Medicine*. 2002; 55(11): 2017-2031.
- [17] Clatworthy, S., *Draft final report: The migration and mobility patterns of Canada's aboriginal population*. Winnipeg: Four Directions Consulting Group, 1994.
- [18] Monsalve, M. V., Thommasen, H. V., Pachev, G., & Frohlich, J. Differences in cardiovascular risks in the aboriginal and non-aboriginal people living in Bella Coola, British Columbia. *Med Sci Monit*. 2005; 11(1), CR21-28.
- [19] Doran, L. La perspective des Inuits et des Premières nations sur la nutrition. Ottawa: Santé Canada: Direction générale de la santé des Premières Nations et des Inuits. 2005 <http://www.child-encyclopedia.com/pages/PDF/DoranFRps.pdf>, consulté le 14 février 2017.
- [20] WHO, The world Health Report, Reducing Risks, Promoting Healthy Life. The World Health Organization. 2002. http://www.who.int/whr/2002/en/whr02_en.pdf?ua=1
- [21] Receveur, O., M. Boulay, and Kuhnlein, H.V. Decreasing traditional food use affects diet quality for adult Dene/Metis in 16 communities of the Canadian Northwest Territories. *Journal of Nutrition*. 1997; 127(11): 2179-2186.
- [22] Self, R. B., Birmingham, C. L., Elliott, R., Zhang, W., & Thommasen, H. V. The prevalence of overweight in adults living in a rural and remote community. The Bella Coola Valley. *Eat Weight Disord*. 2005; 10(2): 133-138.
- [23] Maire, B., Lioret, S., Gartner, A., et Delpeuch, F., Nutritional transition and non-communicable diet-related chronic diseases in developing countries. *Cahiers Santé*, 12(1). 2005; 45-55.
- [24] Colman, R., Dodds, C., and Wilson, J. *Cost of obesity in British Columbia*. 2001; GPI Atlantic. <http://www.gpiatlantic.org/publications/summaries/bc-obesitysumm.pdf> Consulted 14.02.2017.
- [25] Cassuto, D., and Ziegler, O., L'obésité de l'enfant et de l'adolescent. Comment gère-t-on les parents? *Obesity*. 2006; 1(1): 16-19.
- [26] Frelut, M. L. *L'obésité de l'enfant et de l'adolescent*. 2003; Odile Jacob.
- [27] Froguel, P., Guy-Grand, B., and Clement, K. Génétique de l'obésité. Vers la compréhension d'un syndrome complexe. *Obesity. La Presse Médicale*. 2000; 29(10), 564-571.
- [28] Lyons, A. A., Park, J., et Nelson, C. H. (2008). Food insecurity and obesity: A comparison of self-reported and measured height and weight. *American Journal of Public Health*. 2008; 98(4), 751.
- [29] Sarlio-Lahteenkorva, S., et Lahelma, E. Food insecurity is associated with past and present economic disadvantage and body mass index. *Journal of Nutrition*. 2001; 131(11): 2880-2884.
- [30] North, I. Food insecurity in Canadian households. *Health Reports*. 2001; 12(4): 11.
- [31] Hofbauer, K. G. Physiopathologie de l'obésité : molécules, mécanismes, modèles. *Forum Méd Suisse*. 2002; 40: 937-944.
- [32] Otten, J. J., Hellwig, J. P., et Meyers, L. D. *ANREF, les apports nutritionnels de référence : le guide essentiel des besoins en nutriments*. Washington, D.C. National Academies Press. 2006
- [33] Wilde, P. E., et Peterman, J. N. Individual weight change is associated with household food security status. *Journal of Nutrition*. 2006; 136(5):1395-1400.
- [34] Black, J. L., et Macinko, J. (2008). Neighborhoods and obesity. *Nutrition Reviews*. 2008; 66(1):2-20.
- [35] Frank, L. D., Kerr, J., Sallis, J. F., Miles, R., et Chapman, J. A hierarchy of sociodemographic and environmental correlates of walking and obesity. *Preventive Medicine*. 2008; 47(2): 172-178.

- [36] McLaren, L. (2007). Socioeconomic status and obesity. *Epidemiologic Reviews*. 2007; 29: 29-48.
- [37] Tremblay, M. S., Perez, C. E., Ardern, C. I., Bryan, S. N., and Katzmarzyk, P. T. Obesity, overweight and ethnicity. *Health Reports*. 2005; 16(4):23-34.
- [38] Laitinen, J., Pietilainen, K., Wadsworth, M., Sovio, U., et Jarvelin, M. R. Predictors of abdominal obesity among 31-y-old men and women born in Northern Finland in 1966. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2004; 58(1):180-190.
- [39] Braddon, F. E., Rodgers, B., Wadsworth, M. E., et Davies, J. M. Onset of obesity in a 36 year birth cohort study. *British Medical Journal (Clinical Research Ed.)*. 1986;293(6542):299-303.
- [40] Starkey, L. J., Gray-Donald, K., et Kuhnlein, H. V. Nutrient intake of food bank users is related to frequency of food bank use, household size, smoking, education and country of birth. *The Journal of Nutrition*. 1999; 129(4):883.
- [41] Delpeuch, F., et Maire, B. Obesity and developing countries of the south. *Médecine Tropicale*. 1997; 57(4):380-388.
- [42] Whitaker, R. C., et Dietz, W. H. Role of the prenatal environment in the development of obesity. *Journal of Pediatrics*. 1998; 132(5):768-776.
- [43] Skidmore, P. M., Hardy, R. J., Kuh, D. J., Langenberg, C., et Wadsworth, M. E. Life course body size and lipid levels at 53 years in a British birth cohort. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 2007; 61(3):215-220.
- [44] Jacotot B., Campillo B., Bresson J.-L., Corcos M., Hankard R. Jeammet P. et Peres G. Nutrition humaine. Connaissances et pratiques. Masson, Paris. 2003: 311p.
- [45] Chan, L., Receveur, O., Sharp, D., Schwartz, H., Ing, A., and Tikhonov, C. *First Nations Food, Nutrition and Environment Study (FNFNES): Results from British Columbia (2008/2009)*. Prince George: University of Northern British Columbia. Print, 2011.
- [46] Lohr, S. (Éd.). *Sampling: Design and Analysis*. USA: Brooks/Cole Publishing Company, (Éd.). 1999.
- [47] Shils, M.E., Shike M., Ross. A.C., Caballero B. et Cousins R.J. (2006). Modern Nutrition in Health and Disease, 10th Edition. Lippincott Williams & Wilkins.
- [48] Bolton-Smith, C., Woodward, M., Tunstall-Pedoe, H., and Morrison, C. Accuracy of the estimated prevalence of obesity from self reported height and weight in an adult Scottish population. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 2000; 54(2), 143-148.
- [49] Matheson, F. I., Moineddin, R., et Glazier, R. H. The weight of place: A multilevel analysis of gender, neighborhood material deprivation, and body mass index among Canadian adults. *Social Science and Medicine*. 2008; 66(3):675-690.
- [50] Laraia, B. A., Siega-Riz, A. M., et Evenson, K. R. Self-reported overweight and obesity are not associated with concern about enough food among adults in New York and Louisiana. *Preventive Medicine*. 2004; 38(2):175-181.
- [51] Kuczmarski, M. F., Kuczmarski, R. J., and Najjar, M., Effects of age on validity of self-reported height, weight, and body mass index: Findings from the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *Journal of the American Dietetic Association*. 2001; 101(1):28-34.
- [52] Shields, M., Gorber, S. C., et Tremblay, M. S. Estimates of obesity based on self-report versus direct measures. *Health Reports*. 2008;19(2): 61-76.
- [53] Braam, L. A., Ocke, M. C., Bueno-de-Mesquita, H. B., and Seidell, J. C., Determinants of obesity-related underreporting of energy intake. *American Journal of Epidemiology*. 1998; 147(11): 1081-1086.
- [54] Weber, J. L., Reid, P. M., Greaves, K. A., DeLany, J. P., Stan, V. A., Going, S. B., et al. Houtkooper, L. B. Validity of self-reported energy intake in lean and obese young women, using two nutrient databases, compared with total energy expenditure assessed by doubly labeled water. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2001; 55(11):940-950.
- [55] Guo, X., Warden, B. A., Paeratakul, S., et Bray, G. A. Healthy Eating Index and obesity. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2004; 58(12): 1580-1586.
- [56] Zizza, C. A., Duffy, P. A., and Gerrior, S. A., Food insecurity is not associated with lower energy intakes. *Obesity (Silver Spring)*. 2008; 16(8):1908-1913.
- [57] Gibson, D. Food stamp program participation is positively related to obesity in low income women. *Journal of Nutrition*. 2003; 133(7):2225-2231.
- [58] Downs, S. M., Arnold, A., Marshall, D., McCargar, L. J., Raine, K. D., et Willows, N. D. Associations among the food environment, diet quality and weight status in Cree children in Quebec. *Public Health Nutrition*. 2009; 12(9):1504-1511.
- [59] Straume, O., Chappuis, P. O., Salvesen, H. B., Halvorsen, O. J., Haukaas, S. A., Goffin, J. R., et al. Akslen, L. A. Prognostic importance of glomeruloid microvascular proliferation indicates an aggressive angiogenic phenotype in human cancers. *Cancer Research*. 2002; 62(23):6808-6811.
- [60] Bouyer, J., Hemon, D., Cordier, S., Derriennic, F., Stucker, I., Stengel, B., & Clavel, J. *Epidemiologie, principes et méthodes quantitatives*. Paris: INSERM.1995.
- [61] Mickey, R. M., et Greenland, S. The impact of confounder selection criteria on effect estimation.[Erratum appears in Am J Epidemiol 1989 Nov;130(5):1066]. *American Journal of Epidemiology*. 1989; 129(1):125-137.
- [62] Panagiotakos, D. B. (2008). The value of p-value in biomedical research. *The Open Cardiovascular Medicine Journal*. 2008; 2,97.

- [63] Roos, E., Lahelma, E., Virtanen, M., Prattala, R., et Pietinen, P. (1998). Gender, socioeconomic status and family status as determinants of food behaviour. *Social Science and Medicine*. 1998; 46(12): 1519-1529.
- [64] Kiefer, I., Rathmanner, T., and Kunze, M., Eating and dieting differences in men and women. *The Journal of Men's Health and Gender*, 2(2)2005; 194-201.
- [65] Mokdad, A. H., Serdula, M. K., Dietz, W. H., Bowman, B. A., Marks, J. S., et Koplan, J. P. The spread of the obesity epidemic in the United States, 1991-1998. *Journal of the American Medical Association*, 282(16), 1519-1522.
- [66] Torrance, G., Hooper, M., and Reeder, B., Trends in overweight and obesity among adults in Canada (1970-1992): evidence from national surveys using measured height and weight. *International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity*. 2002; 26(6):797.

Etat nutritionnel des enfants d'âge scolaire et consommation alimentaire des ménages dans les Zones de Santé urbaine d'Ibanda et rurale de Nyantende au Sud Kivu, RD Congo

[Nutritional status of school-aged children and household food consumption in urban Ibanda and rural Nyantende Health Districts in South Kivu, DR Congo]

V. Witumbula Katambwe¹, J.M. Mbaka Kavuvu¹, A. Bulambo Kulilwa², F. Lusamaki Mukunda³, and V. Buhendwa Mirindi⁴⁻⁵

¹Chef de Travaux, Département de nutrition, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bukavu, Province du Sud Kivu, RD Congo

²Assistante, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Nyangezi, Province du Sud Kivu, RD Congo

³Chef de Travaux, Département de Nutrition humaine, Faculté de médecine et pharmacie, Université de Kisangani, RD Congo

⁴Professeur associé, Département de Nutrition humaine, Faculté de médecine et pharmacie, Université de Kisangani, RD Congo

⁵Professeur associé, Département de Nutrition et diététique, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bukavu, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Introduction:* Nutritional status of children is influenced by dietary. Better dietary diversity helps ensure intake of essential nutrients especially for growing school-aged children. The aim of this study was to assess both the nutritional status of school children in Ibanda and Nyantende health districts, as well as the level of consumption and of dietary diversity score in their household.

Methods: in a cluster cross-sectional survey, the present study examined nutritional status, through weight-for-age (WA), height-for-age (HA) and weight-for-height (WH) and dietary diversity score of 750 school children aged 6 to 12 years old. Dietary diversity scores were assessed based on frequency of consumption of individual food items categorized into 7 individual food groups.

Dietary diversity was appraised with two types of indices: a dietary diversity score (DDS) based on the number of food categories consumed over a week and a weekly food frequency score (WFFS) which also takes into account the frequency of food intake

Dietary diversity scores were assessed based on frequency of consumption of individual food items categorized into 7 individual food groups.

Results: Chronic malnutrition is still a public health problem in school-aged children in all studied children, 35.9% of children aged 6 to 12 years were stunted (H/A < -2ET) of which 16.4% in the severe form (H/A < -3ET); 2.0% were thinner for their height, so they were suffering from acute malnutrition (BMI < -2ET); 5.3% were moderately underweight (thinner for their age (W/A < -2ET).

The stunted growth of the child was related to maternal illiteracy ($p < 0.05$); girls were thinner for their height than boys ($p < 0.05$).

Overall, 7% of households had a food consumption limit and 19.6% had a non-diversified diet. Food consumption and dietary diversity scores were better in urban than in rural areas ($p < 0.000$). Both indices were significantly associated with maternal age and the mother's high level of education ($p < 0.05$).

Conclusion: The prevalence of different types of malnutrition confirms the existence of real public health problems.

Socio-demographic characteristics have significant influence on food consumption and dietary diversity among households in our study field.

KEYWORDS: Nutritional status, School-aged children, Household Food consumption, Urban, Rural.

1 INTRODUCTION

La malnutrition constitue un problème de santé publique dans le monde et en particulier dans les pays en voie de développement. Elle peut revêtir, entre autres, la forme d'une maigreur, d'un retard de croissance, d'une insuffisance ou d'un excès pondéral [1]. La malnutrition aiguë et/ou chronique des populations à travers le monde est inquiétante à la fois à cause de ses impacts immédiats sur la morbidité et sur la mortalité et aussi à cause de ses conséquences à long terme [2], sur la croissance physique, le développement cognitif, la reproduction, et la capacité physique de travail [3].

La malnutrition chronique touche plus d'un quart d'enfants de moins de 5 ans dans le monde, soit 165 millions [4,5].

En Afrique subsaharienne, le taux de personnes sous-alimentées dépasse toujours les 25 % et 300 millions d'enfants s'alimentent encore trop peu pour pouvoir grandir dans de bonnes conditions [6,7]. En 2000, le retard de croissance chez l'enfant de moins de 5 ans était estimé à 35,2 % en Afrique, 34,4 % en Asie et 12,6 % en Amérique Latine et les Caraïbes. Ses effets négatifs sur le développement intellectuel et physique, la santé et l'espérance de vie ont été établis par plusieurs travaux [8].

Les dernières enquêtes démographique et sanitaire (EDS 2013-2014) en RDC montrent que : presque 8% d'enfants de moins de cinq ans souffrent de l'émaciation, 43% de retard de croissance et 23% insuffisance pondérale.

Il est actuellement établi que les enfants de 6 à 15 ans ne sont pas forcément mieux portants que ceux de 0 à 5 ans. Bien au contraire, ces enfants souffrent de malnutrition, d'anémie sévère et d'infections parasitaires multiples, compromettent leur scolarité par suite d'une baisse de performance et d'un absentéisme chronique dont la conséquence est l'abandon ou le renvoi de l'enfant [9, 10].

En RD Congo, peu d'études s'intéressent sur l'état nutritionnel des enfants d'âge scolaire et la consommation alimentaire. C'est dans cette perspective que cette étude a été entreprise, afin de décrire à la fois l'état nutritionnel des enfants d'âge scolaire dans les zones de santé d'Ibanda (Ville de Bukavu) et de Nyantende (Territoire de Kabare), le niveau de consommation et de diversité alimentaire au sein de leurs ménages.

2 MILIEU ET MÉTHODES

PRÉSENTATION DES SITES DE L'ÉTUDE

Cette étude transversale descriptive a été réalisée dans les zones de santé (ZS) d'Ibanda et de Nyantende dans la province du Sud Kivu en République Démocratique du Congo.

La zone de santé d'Ibanda correspond à l'une de trois communes urbaines de la ville de Bukavu chef-lieu de la province du Sud Kivu dans l'Est de la République Démocratique du Congo. La population de cette ZS était estimée à 362882 en 2016 [11].

La zone de santé de Nyantende est située dans le territoire administratif de Kabare. Le Bureau central de la zone de santé (BCZS) et l'hôpital de référence sont situés à 16 Km de la ville de Bukavu. Cette ZS dessert une population estimée à 120449 répartie sur une superficie d'environ de 142 Km² avec une densité moyenne de 848 habitants au km². Cette ZS compte dix aires de santé avec 10 formations sanitaires intégrées [12].

Ces deux ZS jouissent d'un climat humide des montagnes avec une température moyenne de 15 °C en saison de pluie (de décembre à mi-mai) et de 25°C en saison sèche (de mi-mai à août). Le relief y est montagneux avec une altitude variant entre 1500 m (Lac Kivu) et 2190 [13].

MATÉRIELS

Une toise et une balance (marque SECA) d'une capacité de 120 kg ont été utilisées pour prélèvement des mesures anthropométriques.

POPULATION D'ÉTUDE

La population de notre étude était constituée de tous les enfants d'âge scolaire et de leurs mères habitant dans les deux ZS sélectionnées.

MÉTHODES

Il s'agit d'une étude descriptive et transversale, effectuée en avril-mai 2016 chez le couple mère enfants de ces deux zones de santé.

les mesures de poids, de taille et de l'âge ont été prélevées respectivement à l'aide d'une balance et d'une toise.

ECHANTILLONNAGE

Compte tenu de la répartition de la population dans les avenues en milieu urbain et dans les villages en milieu rural sans la notion de liste nominative des sujets, c'est le sondage en grappes à deux degrés qui a été retenu.

La taille de l'échantillon (n) a été calculée en utilisant la formule :

$N = \epsilon^2 * p * (100 - p) * d / i^2$ [14] dans laquelle ϵ = la valeur associée au risque d'erreur consenti ; p est le taux de prévalence attendu du phénomène étudié, d = coefficient de correction de l'effet de grappes et i = la précision souhaitée de l'estimation [15].

Pour la ZS d'Ibanda, la prévalence n'étant pas connue, elle a été estimée à 50%, un risque α de d'erreur de 5% ($\epsilon=1,96$), une précision de $i=5\%$ et $d=1,5$; la taille minimale de l'échantillon a été estimée à 576 couples mère-enfants.

Pour Nyantende, afin de diminuer le gaspillage de ressources, au lieu de reprendre le même calcul, nous avons jugé utile de déterminer le nombre de couples mères-enfants en appliquant la logique des proportions ci-après. La population d'Ibanda étant de 362882 et celle de Nyantende de 120449 ; si la formule exige un échantillon minimal de 576 dans la ZS d'Ibanda, cela correspond à 180 pour Nyantende ($576 * 120449 / 362882$). C'est ainsi que nous avons considéré un échantillon global de $(576+180)$ de 756.

Pour l'analyse statistique, un sondage en grappes portant sur un minimum de 30 grappes a été considéré comme satisfaisant. Sur base de ce nombre, pour le sous-échantillon de 576 à Ibanda et de 180 à Nyantende, la taille de grappe était respectivement de 19 et 6 couples mères-enfants, donc la taille du sous-échantillon d'Ibanda s'est réduit de 6 unités passant de 576 à 570. Avec l'aide de l'infirmier titulaire du centre de santé desservant l'aire de santé, une avenue/sous village a été tirée au sort pour avoir la grappe à enquêter.

COLLECTE DE DONNÉES

A partir du centre de la grappe (avenue ou sous-village selon le cas), une direction était choisie en faisant tourner une bouteille sur le sol. L'équipe prenait alors cette direction et comptait le nombre de maisons qu'elle rencontrait à gauche et à droite jusqu'à l'extrémité de la cellule/sous village sélectionné pour l'enquêtée. Toutes les maisons étaient numérotées à l'aide d'une craie. Un numéro était tiré entre 1 et le nombre total des maisons de la direction à l'aide de la table de nombres aléatoires.

Ce numéro correspondait à la première maison que l'équipe enquêtait. Après cette maison, les enquêteurs choisissaient celle dont la porte d'entrée était la plus proche de la dernière maison visitée. Pour dire que les maisons suivantes seront choisies de proche en proche sur la droite à partir de la sortie de la dernière maison.

Lorsque l'extrémité de la direction choisie était atteinte avant d'avoir complété la grappe (19 couples mères-enfants pour Ibanda et 6 pour Nyantende), l'on repartait du centre de la cellule et l'on choisissait une nouvelle direction au hasard. Toutes les étapes précédemment décrites étaient répétées jusqu'à ce que l'échantillon fût complété dans la cellule ou le sous-village. Lorsque la grappe ne pouvait être complétée dans cette cellule, l'équipe se rend dans la cellule la plus proche dans l'aire de santé pour compléter la grappe.

Pour chaque enfant, nous avons pris la mesure de taille debout (en m) à l'aide d'une toise graduée et le poids (en kg) grâce à une balance pèse-personne de marque SECA d'une portée de 50 kg. En plus de ces deux mensurations, le sexe et l'âge de chaque enfant ont été recherchés sur les documents à disposition de la mère à domicile (acte de naissance, bulletin scolaire).

Du point de vue éthique, l'identité des personnes soumises au questionnaire a été protégée par un questionnaire anonyme. La participation à l'enquête était volontaire et sans contrainte après une explication concise sur les objectifs de la recherche et la nécessité des réponses fournies par les interlocutrices.

ANALYSE DES DONNÉES

SCORE DE CONSOMMATION ALIMENTAIRE

Ce score était calculé à partir de la fréquence de consommation pour chaque groupe d'aliment. La formule est appliquée aux données récoltées :

$$\text{Score} = a_{\text{céréales}} * x_{\text{céréales}} + a_{\text{légumineuses}} * x_{\text{légumineuses}} + a_{\text{légumes}} * x_{\text{légumes}} + a_{\text{fruit}} * x_{\text{fruit}} + a_{\text{animal}} * x_{\text{animal}} + a_{\text{sucré}} * x_{\text{sucré}} + a_{\text{lait}} * x_{\text{lait}} + a_{\text{huile}} * x_{\text{huile}}$$

a = pondération du groupe d'aliments

x = fréquence de consommation relative à chaque groupe d'aliments (≤ 7 jours) [18]

Tableau 1. Groupes d'aliments et poids du score de consommation alimentaire [19]

Types d'aliments	Groupes d'aliments	Poids
Maïs, mil, sorgho, riz, pain/beignets, pâtes alimentaires	Céréales et tubercules (aliments de base)	2
Manioc, igname, banane plantain, autres tubercules		
Arachide/légumineuses (haricot, niébé, pois, lentilles, etc)	Légumineuses	3
Légumes (+ feuilles)	Légumes et feuilles	1
Fruits (mangues, oranges, bananes, etc)	Fruits	1
Viandes, poissons, fruits de mer, escargots, œufs	Protéines animales	4
Laits/Produits laitiers	Produits laitiers	4
Sucre, miel, autres sucreries	Sucres	0,5
Huiles et graisses	Huiles	0,5
Condiments et épices	Condiments	0

Ainsi, un score variant entre score allant de 0 à 28 = alimentation insuffisante ; de 28,1 à 42 alimentation limite et alimentation acceptable score supérieur à 42.

SCORE DE DIVERSITÉ ALIMENTAIRE DU MÉNAGE [16, 17]

On avait attribué le score 1, lorsqu'un aliment d'un groupe particulier a été consommé au moins une fois au cours de la période de référence et un score 0, dans le cas contraire.

Le score se calculait en faisant l'addition des scores par groupe d'aliments. Si le score était supérieur ou égal à 4, on estimait que l'alimentation du ménage était diversifiée ; dans le cas où il était strictement inférieur à 4, l'alimentation du ménage était non diversifiée [18].

ETAT NUTRITIONNEL DES ENFANTS D'ÂGE SCOLAIRE

Les données collectées ont été encodées dans un classeur du logiciel AnthroPlus version 3.2.2. Les mesures de tendance centrale et de dispersions y ont été calculées ainsi que l'état nutritionnel de chaque enfant. Enfin, ces données ont été transportées dans logiciel EPIDATA ANALYSIS pour chercher la liaison entre l'état nutritionnel de l'enfant, les paramètres sociodémographiques ainsi que les niveaux de la disponibilité et de consommation alimentaire ont été mis en relation avec l'état de nutrition des enfants étudiés pour un seuil de 5%.

Les références utilisées sont celles de l'OMS qui définissent la malnutrition globale au seuil de la moyenne moins deux écarts-types (< -2 ET), la malnutrition modérée entre moins deux et supérieur ou égale à moins trois écarts-types (< -2 et ≥ -3 ET) et celle sévère en-dessous de moins trois écarts-types (< -3 ET).

3 RESULTATS

CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES DES SUJETS

La répartition de l'échantillon a montré que près de six sur dix enfants avaient l'âge compris entre 6 et 9 ans et plus de quatre sur cinq vivaient dans des ménages de plus de 8 personnes et les filles sont plus nombreuses que les garçons (tableau 2).

Tableau 2. *Distribution des enfants selon les caractéristiques sociodémographiques*

Caractères étudiés	Effectifs	Pourcentages
Milieu de vie de l'enfant		
Urbain	570	76
Rural	180	24
Sexe de l'enfant		
Féminin	410	54,7
Masculin	340	45,3
Age de l'enfant		
6 à 9 ans	440	58,7
10 à 12 ans	310	41,3
Taille de ménage		
4 à 8 personnes	90	12
9 à 15 personnes	660	88

Trois mères sur quatre savaient lire et écrire, la quasi-totalité des mères avaient moins de 40 ans. Plus de trois sur cinq mères fréquentaient soit l'église catholique, soit protestante. La vente et le salaire étaient les sources de revenu les plus fréquentes pour les ménages (Tableau 3).

CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES DES MÈRES

Tableau 3. *Distribution des mères d'enfants selon les caractéristiques sociodémographiques*

Caractères étudiés	Effectifs	Pourcentages
Niveau d'études		
Sans	253	33,7
Primaire	173	23,1
Secondaire	324	43,2
Age		
20 à 29 ans	317	42,3
30 à 39 ans	360	48
40 à 49 ans	73	9,7
Religion		
Catholique	291	38,8
Protestante	246	32,8
Kimbanguiste	114	15,2
Témoins de Jéhovah	90	12
Musulmane	9	1,2
Source de revenu du ménage		
Salaire	221	29,5
Vente	442	58,9
Agriculture	34	4,5
Débrouillardise	47	6,3
Non définie	6	0,8

ETAT NUTRITIONNEL DES ENFANTS EN FONCTION DES CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES

Les résultats de différents indices nutritionnels ont montré qu'environ un enfant sur vingt était en insuffisance pondérale modérée, un peu moins de quatre enfants sur cinq (35,9%) accusaient un retard de croissance statural et un enfant sur enquêté était en état de maigreur (tableau 4).

Tableau 4. Prévalence de différents types de malnutrition chez les enfants

Etat nutritionnel Types de malnutrition	N	Bon	Malnutri modérée	Malnutrition sévère
Insuffisance pondérale	564	94,7	5,3	0
Retard de croissance	750	64,1	19,5	16,4
Malnutrition aiguë (IMC)	750	98,0	2,0	0

La prévalence de l'insuffisance pondérale n'a concerné que les enfants de moins de 10 ans. Estimée à 5,3%, la prévalence l'insuffisance pondérale n'a pas révélé de différences significatives en fonction des caractéristiques socio démographiques des enfants et de leurs mères (tableau 5). Les mesures anthropométriques laissent voir la répartition suivante en rapport avec l'âge des enfants : 25% ont un âge inférieur à 6,1 ans, l'âge moyen est de 8,98 ans ; 50% ont moins de 9 ans, 75% sont âgés de moins de 10 ans.

Tableau 5. Répartition des enfants selon l'indice poids pour âge et les caractéristiques sociodémographiques

Caractères sociodémographiques	Poids pour âge				Total	Chi2	p-valeur
	Bon état nutritionnel	Insuffisance pondérale modérée	Effectifs	%			
Milieu de vie						0,047	0,8285
Urbain	400	94,6	23	5,4	423		
Rural	134	95	7	5	141		
Sexe de l'enfant						2,529	0,1118
Filles	293	54,9	12	40	305		
Garçons	241	45,1	18	60	259		
Rang dans la fratrie						0,163	0,6862
1er et 5 ^{eme}	487	94,6	28	5,4	515		
6e et 10 ^{eme}	47	95,9	2	4,1	49		
Taille de ménage						1,158	0,2819
4 à 8 personnes	72	97,3	2	2,7	74		
9 à 15 personnes	462	94,3	28	5,7	490		
Etudes de la mère						1,612	0,4466
Sans	190	93,1	14	6,9	204		
Primaire	122	96,1	5	3,9	127		
Secondaire	222	95,3	11	4,7	233		
Age de la mère						0,535	0,7653
20 à 29 ans	230	95	12	5	242		
30 à 39 ans	254	94,8	14	5,2	268		
40 à 49 ans	50	92,6	4	7,4	54		
Total	534	94,7	30	5,3	564		

La répartition de l'indice taille pour âge a révélé que moins de deux enfants sur dix avaient un retard de croissance staturale sévère.

En rapport avec la taille, le moins élancé n'a que 98 cm ; le premier, le deuxième, le troisième et le quatrième quartile sont respectivement de 112 cm, 124 cm, 142 cm et 159 cm. La taille moyenne dans cet échantillon est de 126,6 cm. Seul le niveau d'instruction de la mère avait montré une différence statistiquement significative entre les groupes étudiés (tableau 6).

Tableau 6. La malnutrition définie par la taille pour l'âge de l'enfant (retard de croissance ou stunting)

Caractères sociodémographiques	Taille pour âge ou Retard statural						Total	Chi2	p-val
	Bon état		modéré		sévère				
	Effectifs	%	Effectifs	%	Effectifs	%			
Milieu de vie								1,304	0,521
Urbain	360	63,2	112	19,6	98	17,2	570		
Rural	121	67,2	34	18,9	25	13,9	180		
Age de l'enfant								2,678	0,262
10 à 12 ans	193	62,3	58	18,7	59	19	310		
6 à 9 ans	288	65,5	88	20	64	14,5	440		
Sexe de l'enfant								3,71	0,156
Filles	275	67,1	71	17,3	64	15,6	410		
Garçons	206	60,6	75	22,1	59	17,4	340		
Rang de l'enfant dans la fratrie								1,625	0,443
1er et 5 ^e	436	64	130	19,1	115	16,9	681		
6e et 10 ^e	45	65,2	16	23,2	8	11,6	69		
Taille de ménage								2,311	0,314
4 à 8 personnes	63	70	17	18,9	10	11,1	90		
9 à 15 personnes	418	63,3	129	19,5	113	17,1	660		
Niveau d'études de la mère								9,985	0,040
Sans	165	65,2	45	17,8	43	17	253		
Primaire	106	61,3	28	16,2	39	22,5	173		
Secondaire	210	64,8	73	22,5	41	12,7	324		
Age de la mère								1,34	0,854
20 à 29 ans	198	62,5	67	21,1	52	16,4	317		
30 à 39 ans	237	65,8	64	17,8	59	16,4	360		
40 à 49 ans	46	63	15	20,5	12	16,4	73		
Total	481	64,1	146	19,5	123	16,4	750		

NIVEAU DE CONSOMMATION ET DE DIVERSITÉ ALIMENTAIRE

L'investigation du nombre de fois qu'au moins un aliment du groupe quelconque parmi ceux retenus a été consommé dans le ménage a permis de constater que la consommation des groupes d'aliments était très variable. Les fruits, les produits laitiers et les produits sucrés étaient parmi ceux pour lesquels certains ménages ont rapporté une consommation nulle. Les céréales/tubercules, légumineuses et les huiles étaient plus consommés durant la semaine. La proportion des ménages qui avaient consommé les fruits, les produits laitiers, les produits sucrés et les produits animaux plus de trois fois par semaine ne dépasse pas six pourcents (tableau 7).

Tableau 7. Fréquence hebdomadaire de consommation de différents groupes d'aliments dans les ménages des enfants étudiés.

Groupes d'aliments	consommation hebdomadaire	
	1 à 3 fois	4 à 7 fois
Céréales et Tubercules	0,5	99,5
Légumineuses	32,6	67,4
Légumes et feuilles	71,7	28,2
Fruits	98,1	2
Produits animaux	94,3	5,7
Produits laitiers	98,5	1,5
Produits sucrés	95,7	4,4
Huiles	2	98
Condiments	80	20

L'analyse de la fréquence cumulée de différents groupes d'aliments consommés pendant une semaine dans les ménages concernés par l'étude a montré que plus de neuf sur dix ménages ont atteint un score acceptable (c'est-à-dire un score

supérieur à 42). En termes de la fréquence de consommation de différents groupes d'aliments, aucun ménage n'était à risque d'insécurité alimentaire.

Pour le score de diversité alimentaire, près d'un enfant sur cinq vivait dans un ménage où l'alimentation n'était pas diversifiée (tableau 8).

Tableau 8. Distribution des ménages en fonction de score de consommation et de diversité alimentaire sur une semaine

Score de consommation et de diversité alimentaires	Effectifs	Pourcentages
Score de consommation alimentaire		
Alimentation acceptable	698	93,1
Alimentation limite	52	6,9
Score de diversité alimentaire		
Diversifiée	603	80,4
Non diversifiée	147	19,6

La distribution de score de consommation alimentaire a montré que les ménages urbains avaient un score de consommation alimentaire significativement élevé que celui des ménages ruraux ($p < 0,0000$). Ce score était significativement plus élevé chez les mères instruites ($p < 0,0000$) et chez celles plus jeunes ($p < 0,0266$) (tableau 9).

Tableau 9. Score de consommation alimentaire du ménage en fonction des caractéristiques sociodémographiques des mères

Variables sociodémographiques	Score de consommation alimentaire				Total	Chi2	p-valeur
	Alimentation limite		Alimentation acceptable				
	Effectifs	%	Effectifs	%			
Milieu de vie du ménage						85,797	0,0000
Urbain	12	2,1	558	97,9	570		
Rural	40	22,2	140	77,8	180		
Niveau d'études de la mère						21,565	0,0000
Sans	32	12,6	221	87,4	253		
Primaire	11	6,4	162	93,6	173		
Secondaire	9	2,8	315	97,2	324		
Age de la mère						7,251	0,0266
20 à 29 ans	28	8,8	289	91,2	317		
30 à 39 ans	24	6,7	336	93,3	360		
40 à 49 ans	0	0	73	100	73		

DISTRIBUTION DU SCORE DE DIVERSIFICATION ALIMENTAIRE EN FONCTION DES CARACTÉRISTIQUES SOCIOLOGIQUES DES ENQUÊTÉS

Sur l'ensemble des mères étudiées, 19,6% (147/750) avaient une alimentation non diversifiée.

L'alimentation est significativement plus diversifiée en milieu urbain qu'en milieu rural ($p < 0,00001$) ; elle augmente significativement avec le niveau élevé d'étude de la mère. Toute fois le niveau de diversification ne montre pas de différence significative en fonction de l'âge de la mère ($p > 0.05$).

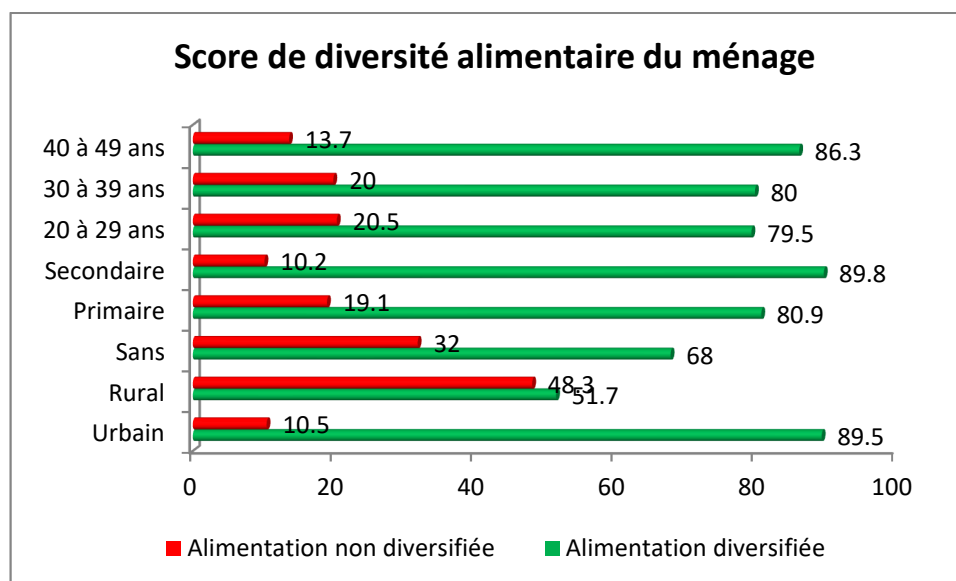


Fig. 1. Proportion des ménages hébergeant les enfants enquêtés en fonction du score de diversité alimentaire, l'âge, la scolarité et la résidence des mères

ETAT NUTRITIONNEL DES ENFANTS EN FONCTION DES FACTEURS ALIMENTAIRES

Le pourcentage des enfants en état de maigreur se distribue de la même manière entre les groupes étudiés selon les caractéristiques alimentaires des ménages. ($p > 0.05$)

Variables socio démographiques	Bon état nutritionnel		Maigreur modérée		Total	Chi2	p-valeur
	Effectifs	%	Effectifs	%			
Milieu de vie						0,731	0,393
Urbain	560	98,2	10	1,8	570		
Rural	175	97,2	5	2,8	180		
Age de l'enfant						0,180	0,672
6 à 9 ans	432	98,2	8	1,8	440		
10 à 12 ans	303	97,7	7	2,3	310		
Sexe de l'enfant						0,011	0,917
Féminin	402	98	8	2	410		
Masculin	333	97,9	7	2,1	340		
Rang dans la fratrie						0,118	0,732
1er et 5e	667	97,9	14	2,1	681		
6e et 10e	68	98,6	1	1,4	69		
Etudes de la mère						0,653	0,722
Sans	249	98,4	4	1,6	253		
Primaire	170	98,3	3	1,7	173		
Secondaire	316	97,5	8	2,5	324		
Age de la mère						0,220	0,894
20 à 29 ans	310	97,8	7	2,2	317		
30 à 39 ans	353	98,1	7	1,9	360		
40 à 49ans	72	98,6	1	1,4	73		
Total	735	98,0	15	2,0	750		

4 DISCUSSION

Selon le rapport poids-pour-âge, dans l'ensemble de notre échantillon, un enfant sur vingt était en insuffisance pondérale modérée. La situation est très préoccupante, puisque cette proportion est nettement supérieure à celle attendue dans une

population en bonne santé et bien nourrie (2,3 %). Toutefois aucun enfant ne se range dans la catégorie d'insuffisance pondérale sévère.

En RD Congo ; les enquêtes nutritionnelles portant sur les enfants d'âge scolaire sont rares. Ces résultats sont plus meilleurs que ceux trouvés par l'EDC 2013 chez leurs cadets d'âge préscolaire : environ 23 % présentent une insuffisance pondérale et 7 % sous la forme sévère pour l'ensemble du pays et au Sud Kivu, ces valeurs étaient respectivement estimées à 26% et à 10,3% [17].

La prévalence obtenue dans cette enquête est semblable à celle trouvée chez les enfants d'âge scolaire à Cotonou (7%) mais inférieur à celui des enfants de Ouagadougou (36%)[18]. Au Moyen-Orient, en 2004, cette prévalence était estimée à 7,2% chez les adolescents qataris âgés de 12 à 17 ans et vivant dans des zones urbaines et périurbaines [19].

D'après l'analyse des indices anthropométriques, le taux de prévalence du retard statural (T/A <-2ET) était de 35,9% (269/750) parmi lesquels 16,4% (123/750) accusaient un déficit sévère de taille par rapport à l'âge de l'enfant. Les caractéristiques sociodémographiques comme le milieu de résidence, l'âge et le sexe de l'enfant, la taille de ménage, le niveau d'études et l'âge de la mère n'avaient pas montré une différence statistiquement significative entre les groupes étudiés. Nos résultats s'éloignaient de ceux de l'EDS-RDC2013-2014, où les écarts entre milieux de résidence étaient assez importants chez les enfants d'âge préscolaire.

Le retard de croissance demeurait encore un problème de santé publique dans cette population des enfants d'âge scolaire comme il l'était parmi ceux d'âge préscolaire où 43 % souffraient de malnutrition chronique dont 23 % sous la forme sévère [17]. La prévalence du retard de croissance chez les enfants d'âge scolaire était inférieure à celle obtenue chez ceux d'âge préscolaire (43%) mais l'hypothèse d'un éventuel phénomène de rattrape ne peut être testée dans ce type d'enquête.

Toutefois certains auteurs attestent que le retard de croissance staturale acquis dès le plus jeune âge ne se rattrape pratiquement plus. L'enfant qui a une taille trop petite pour son âge peut, cependant, avoir un poids correspondant à sa taille du moment [19]. La taille-pour-âge est révélatrice de la qualité de l'environnement et, d'une manière générale, du niveau de développement socio-économique d'une population.

Les résultats de la présente enquête ont révélé qu'un peu moins de trois enfants sur vingt étaient en état de maigreur modérée. Ce qui renseigne que la proportion d'enfants atteints d'émaciation était plus élevée que celle attendue dans une population en bonne santé (2,3 % pour la forme modérée). Ces enfants sont plus affectés par l'émaciation comparativement à leurs cadets d'âge préscolaire (8%) [17].

Pendant que les enfants de notre milieu souffraient de la maigreur, ceux d'ailleurs étaient confrontés au problème du surpoids et de l'obésité. « Les écoliers étudiés à Cotonou semblent être victimes d'un double fardeau nutritionnel ; la dénutrition et le surpoids sont tous les deux présents en assez grande proportion, alors que la dénutrition modérée et sévère est le principal problème nutritionnel qui persiste parmi les écoliers visés à Ouagadougou [18].

Le score de consommation alimentaire reflète seulement la consommation d'une semaine. De par les résultats de cette étude ; 6,9% des ménages visités étaient à la limite de la sécurité ; ils frisaient l'insécurité alimentaire. Il n'y avait aucun ménage en situation de l'alimentation insuffisante franche. Ce qui veut dire que les ménages étudiés sont loin du seuil d'alerte d'insécurité alimentaire décrétée lorsqu'on atteint 10% des ménages dans l'alimentation insuffisante. Ce niveau pourrait justifier la faible prévalence de maigreur observée dans cette enquête.

Une situation plus sévère avait été décrite par l'ACF à Kingandu/Bandundu en RDC où 25,8% des ménages étaient en situation d'alimentation insuffisante et 69,5% des ménages en alimentation limite [14].

Le score de consommation alimentaire est significativement plus meilleur en milieu urbain qu'en milieu rural ($p<0,000$), il s'améliore avec l'augmentation du niveau d'études ($p<0,000$) et l'âge ($p<0,0266$) de la mère.

Comme le score de consommation alimentaire est lié au niveau d'étude, il y a moyen de penser qu'en ville le niveau élevé des sujets qui ont étudié et la disponibilité des denrées alimentaires peut expliquer cette avance du milieu urbain sur le rural.

Nos résultats montrent que 80,4% avaient une alimentation diversifiée versus 19,6% qui consomment des régimes non diversifiés.

Comme pour la consommation alimentaire, les citadins ont une alimentation plus diversifiée que les ruraux et les sujets avec niveau d'études élevés ($p<0,000$). Par le fait que les ménages urbains achètent régulièrement les aliments au marché disposant d'une gamme de divers aliments, ils ont plus de chance de diversifier leur alimentation que ceux du milieu rural.

Toutefois, il convient de noter que les écarts constatés peuvent aussi résulter des disparités socio-économiques entre les femmes instruites et celles qui ne le sont pas. En effet, les femmes n'ayant pas d'instruction vivent plus fréquemment dans des conditions précaires, caractérisées par une quantité de nourriture disponible, parfois limitée et non diversifiée, et par des conditions de logement parfois insalubres.

Notre enquête présente des résultats plus meilleurs que ceux de la zone de santé de Kingandu/Bandundu/RDC où 52,3% des ménages enquêtés avaient une alimentation diversifiée.

Le statut nutritionnel est le résultat de la consommation alimentaire (qualité et quantité) et leur utilisation biologique [14].

Les résultats de notre recherche n'avaient pas décelé une différence statistiquement significative de prévalence de maigreur entre les groupes en fonction du score de consommation et celui de diversification alimentaires.

5 CONCLUSION

Cette enquête révèle des prévalences élevées de malnutrition sous toutes les formes et montrent que cette affection constitue encore un problème de santé publique chez les enfants d'âge scolaire.

Ce résultat révèle, une fois de plus, la nécessité d'éduquer les femmes, car avec l'acquisition d'une certaine instruction, elles acquièrent également une meilleure connaissance des règles d'hygiène et des principes de base en matière de nutrition des enfants.

Les enquêtes nutritionnelles anthropométriques devraient être régulièrement réalisées sur les enfants d'âge scolaire pour disposer des données actualisées sur l'état de nutrition de ces enfants.

Le pouvoir public devrait mettre en place les mesures de protection du pouvoir d'achat des ménages urbains et celles d'amélioration de la production agricole et animale en milieu rural.

CONFLIT D'INTÉRÊT

Aucun conflit d'intérêt

REFERENCES

- [1] FAO, FIDA et PMA. L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde 2012. La croissance économique est nécessaire mais elle n'est pas suffisante pour accélérer la réduction de la faim et de la malnutrition. 2013. Rome. FAO.
- [2] WHO, Nutrition for health and development: progress and prospects on the eve of the 21st century [progress report - June 1999]. : www.who.int/nurgrowthdb.
- [3] Pelletier, D., Frongillo, E.A., Habicht, J.P., 2002, Epidemiologic evidence for a potentiating effect of malnutrition on child mortality. American Journal of Public Health, 1993, 83: 1130-1133.
- [4] De Onis M, Edward A, Frongillo, Blössner M. La malnutrition est-elle en régression? Analyse de l'évolution de la malnutrition de l'enfant depuis 1980. Bull World Health Organ 2000; 78(10): 1222-33.
- [5] Grantham S, Yin BC, Cueto SP, Richter L, Strupp B, and the International Child Development Steering Group. Developmental potential in the first 5 years for children in developing countries. Lancet 2007 Jan 6; 369: 60-70.
- [6] FAO. L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde 2005: éradiquer la faim dans le monde pour réaliser les objectifs du millénaire pour le développement. Available from : <http://www.fao.org/docrep/008/a0200f/a0200f00.htm>
- [7] Arzel B, Golay M, Zesiger V, Kabengele M, Chastonay P. Malnutrition et inégalités sociales. Bull Méd Suisses 2005; 86: (18):1093-9.
- [8] Odile Aké-T, Issaka T, Yao Eugène K, Donnen P, N'Cho D, Dramaix M, et al : Malnutrition chronique chez les enfants de moins de 5 ans au nord de la Côte d'Ivoire Santé Publique 2010/2 (Vol. 22) 128 Pages 213 – 220 (8)
- [9] Chang SM, Walker SP, Grantham-McGregor S, Powell CA. Early childhood stunting and later behaviour and school achievement. J Child Psychol Psychiatry 2002;43:775-83 (9)
- [10] Pelletier DL, Frongillo EA. Changes in child survival are strongly associated with changes in malnutrition in developing countries. J Nutr 2003;133:107-19. (10)
- [11] Division Provinciale de la Santé SUD KIVU, Rapport annuel 2016
- [12] Bureau Central de la zone de santé de Nyantende, Rapport annuel 2016
- [13] Chamaa Mohamed-Samir, Bidou J.E, Boureau P. Y, (1981), Atlas de la ville de Bukavu, CERUKI, Bukavu

- [14] Save the Children, (2006), Évaluation nutritionnelle en situation d'urgence : Directives pour agents de terrain, St John's Lane, London EC1M 4AR
- [15] ACF-Canada. Manuel SMART version 1. Mesure de la Mortalité, du Statut Nutritionnel et de la Sécurité Alimentaire en Situations de Crise : 2006.
- [16] Action Contre la Faim, (2013), Evaluation rapide de l'état nutritionnel, sécurité alimentaire, eau, hygiène et assainissement dans la zone de santé de Kingandu/Bandundu/RD Congo, UKAID
- [17] FAO (2010), FAO's work on nutrition and food security : Nutrition and Consumer Protection Division Dietary requirement and assessment and unit Indicators that link food, food security and nutrition Dietary diversity questionnaire: DDS& Household Food Insecurity Access Scale: HFIASThursday, Cotonou
- [18] <http://www.foodsecinfoaction.org/News/tr/nut/guidelines.pdf>
- [19] Ollo S, Kississou E, Onambélé G. A., Madjioudal A., Mesngar D. , Rimtebaye R., Mahamat D. D., Mahamat A., (2013), Evaluation de la Sécurité Alimentaire des ménages ruraux dans les zones sahélienne et soudanienne du Tchad.
- [20] Koffi Akakpo, Landry Brou, Barthélémy Kpangni, Moyabi Sylla, Christian Tapé, Moustapha Touré, (2009), Evaluation approfondie de la sécurité alimentaire des ménages ruraux en Côte d'Ivoire, PAM, Rome.

Caractérisation morphométrique des populations de *Bruchidius atrolineatus* Pic (coleoptera-Bruchinae) à travers une analyse factorielle discriminante (AFD)

Moumouni Dan Mairo Adamou¹, Doumma Ali², and Mbacké Sembène³

¹University of Tahoua, Faculty of Agricultural Sciences (FSA), B.P. 255 Tahoua, Niger

²University Abdou Moumouni of Niamey, Faculty of Science and Technology, B.P. 10662 Niamey, Niger

³Cheik Anta Diop University of Dakar (UCAD), Faculty of Science and Technology, Niger

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Bruchidius atrolineatus* (Coleoptera-Bruchinae) est un ravageur important du niébé dans les champs et dans les stocks. Des individus mâles appartenant à des populations de cette bruche du niébé obtenus des graines de la taille différente ont été comparées au moyen d'une analyse factorielle discriminante (AFD) portant sur 17 variables morphologiques. La taille moyenne de chaque variété a été mesurée. L'analyse des données montre que les individus issus des graines de grandes tailles sont plus grands que ceux issus de petite taille. Ceux issus des graines de petite taille se caractérisent par la distance minimale entre les yeux ventralement (dvy) et de la plus grande dimension du tibia 3 (Lt3). Les individus mâles issus de graines de grande taille se distinguent par la longueur de l'antenne (Lan), la distance minimale entre les yeux dorsalement (Lmf), de la longueur maximale de tête (Lmt), de la largeur du pronotum au centre (Lap), de la plus grande dimension de la fémur 3 (Lf3), la longueur maximale de la cellule radiale de l'aile postérieure (Loc), de la longueur de l'élytre (Loe), la plus grande dimension du coxa 3 (Lmc), la longueur du premier sternite abdominale (Los), de la largeur du premier sternite abdominal (Las) la longueur (Lpy) et largeur (lpy) du pygidium (Figures 3 et 4). L'examen de la valeur de F montre que les variables possédant globalement le plus fort pouvoir discriminant sont par ordre de F décroissant: Lap (F=1007,33), Lmf (F=273,94), Lmt (F=159,38), Las (F=123,25), Lf3 (F=74,14), Lmc (F=47,41), Loe (F=43,03), Lpy (F=24,50), Lt3 (F=28,36), Lan (F=26,71), dvy (F=25,35), lpy (F=24,50), Loc (F=16,82), Los (F=9,28).

KEYWORDS: Taille des graines d'une même variété du niébé; *Bruchidius atrolineatus*; Analyse morphométrique; AFD (Analyse Factorielle Discriminante); Niger.

1 INTRODUCTION

La quantification des variations ou des différences entre les caractères morphologiques est une nécessité pour les disciplines qui doivent décrire les organismes qui font la biodiversité passée ou présente que ce soit du point de vue de l'ontologie, de l'évolution ou de la taxonomie (Barour, 2012). L'analyse des caractères morphologiques, permet d'apprécier le degré de variabilité des populations d'insectes (Guillaumin, 1971; Cornuet et al, 1975; Pintureau, 1980). Les caractères morphologiques sont les attributs les plus directement et facilement observables. De ce fait, ils représentent le premier support de discrimination et de reconnaissance de formes vivantes différentes. Cain (1954) définit ainsi les morpho-espèces comme des espèces dont la description et l'identification sont essentiellement basées sur des caractères morphologiques.

Chez les espèces du genre *Bruchidius* la systématique est peu claire et la définition même du genre *Bruchidius* n'est pas simple. En effet, le genre *Bruchidius* rassemble un nombre important d'espèces morphologiquement hétérogènes. Ce genre est défini par rapport à des combinaisons d'états de caractères (Borowiec, 1987) qui varient sensiblement d'une espèce à une autre (longueur et dimorphisme sexuel au niveau des antennes par exemple). En Afrique, la littérature apporte très peu d'informations sur les caractéristiques morphométriques des espèces du genre *Bruchidius*. En Afrique de l'ouest en particulier, l'essentiel des travaux sur les caractères morphologiques des bruches ont concerné essentiellement les populations de *Caryedon serratus* (Delobel, 1992; Sembene, 1996). Ces auteurs ont montré que, chez cette espèce, la morphologie dépend

des zones agro-écologiques et de plusieurs plantes-hôtes. En outre, pour beaucoup d'insectes ravageurs, la disponibilité et la qualité du substrat alimentaire influencent la taille des œufs déposés, la qualité de la descendance et la taille des adultes.

Or en Afrique, les zones de culture du niébé sont différentes aussi bien en termes de caractéristiques climatiques que sur le plan de la qualité du substrat. Dans cette étude, il est question d'identifier morphologiquement les populations de *Bruchidius atrolineatus* issus des graines d'une même variété de la taille différentes.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ECHANTILLONNAGE, MÉTHODE D'ÉLEVAGE, ORIGINE DES POPULATIONS ÉTUDIÉES

Les populations ont été obtenues à partir des graines de niébé de la variété KVX30-309-6G collectées dans la zone de Gaya, région de Dosso. Un échantillon de 10 Kg de graines de niébé a été prélevé directement dans les greniers des producteurs. Ensuite, les graines de grande taille ont été choisies et mesurées ainsi que celles de petite taille. Ces deux lots échantillons sont ensuite ramenés et maintenus au laboratoire jusqu'à l'émergence des adultes de *B. atrolineatus* dont les mâles sont directement utilisés pour l'expérience. L'analyse a porté au total sur 60 individus en raison de 30 individus dans chaque groupe (population issue des graines de grande taille ou de petite taille). Pour chaque groupe des graines, 30 individus mâles ont été prélevés au hasard et conservés dans l'alcool 90°C. Les populations de *Bruchidius atrolineatus* ont ainsi été constituées comme suit:

- les adultes mâles issus des graines de la variété KVX30-309-6G de grande taille sont notés KVXGT
- les adultes mâles issus des graines de la variété KVX30-309-6G de petite taille sont notés KVXPT.

2.2 TAILLE ET ÉPAISSEUR MOYENNE DES GRAINES DE KVX 30-309-6G UTILISÉES

Le tableau 1 montre que la différence de taille entre les graines de KVX (KVXGT, KVXPT) est statistiquement significative avec une valeur de probabilité P inférieure à 0,0001. Les graines de KVX de grande taille (KVXGT) mesurent en moyenne 0,85 mm de longueur et 2,25 mm d'épaisseur alors que celles de petite taille (KVXPT) mesurent seulement 0,69 mm de taille et 0,8 mm d'épaisseur.

Tableau 1. Tailles et épaisseurs moyenne des graines de KVX

Variété KVX	Taille moyenne (mm)	Epaisseur moyenne (mm)
KVXGT	0,85±0,02a	2,25±0,12a
KVXPT	0,69±0,23b	0,8±0,09b
	P<0,0001	

N.B : Dans une même colonne, les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

La figure 1 présente les graines de grande taille (KVXGT) et de petite taille (KVXPT) de la variété KVX30-309-6G utilisées.



Fig. 1. Graines de la variété KVX 30-309-6G utilisées. KVXPT: Graine de petite taille de KVX; KVXGT: Graines de grande taille de KVX

2.3 CHOIX DES VARIABLES

Au cours de cette étude, 17 variables mesurables représentant les différentes parties du corps de l'insecte ont été choisies. La méthodologie utilisée consiste dans un premier temps à laver à l'eau distillée les individus mâles préalablement conservés dans l'alcool à 90° et à les disséquer immédiatement après afin de procéder aux mensurations. Chaque pièce étant soigneusement séparée des pièces voisines. La mensuration de chaque pièce a été faite sur un papier millimétré monté sur une loupe binoculaire. Les 17 variables choisies se répartissent comme suit :

La Tête est représentée par quatre (4) variables qui sont:

- La Longueur de l'antenne (Lan);
- La distance minimale entre les yeux ventralement (dvy);
- La distance minimale entre les yeux dorsalement (Lmf) et
- La longueur maximale de la tête (Lmt).

Le thorax est représenté par neuf (9) variables qui sont:

- La longueur du pronotum au centre (Lop);
- La largeur du pronotum (Lap);
- La plus grande dimension du fémur 3 (Lf3);
- La plus grande dimension du tibia 3 (Lt3);
- La longueur maximale de l'élytre (Loe);
- La largeur maximale de l'élytre (Lae);
- La plus grande dimension de la cellule radiale de l'aile postérieure (Loc);
- La largeur maximale de la cellule radiale (Lac) et
- La plus grande dimension de la coxa 3 (Lmc).

L'abdomen tout comme la tête est aussi représenté par quatre (4) variables qui sont: La longueur maximale du premier sternite abdominal (Los);

- La largeur maximale du premier sternite abdominal (Las);
- La longueur maximale du pygidium (Lpy) et
- La largeur maximale du pygidium (lpy).

2.4 MÉTHODES D'ANALYSE

Les analyses ont été effectuées grâce au logiciel MINITAB 16 version 2013. La méthode utilisée est l'analyse factorielle discriminante (AFD) qui combine l'analyse de variance et l'analyse en composante principales. Elle permet de séparer au mieux plusieurs groupes à l'aide de plusieurs variables en effectuant une discrimination des populations définies a priori mais aussi d'affecter un individu dont l'origine est inconnue à une population donnée. Dans un premier temps, les données brutes ont été soumises à une analyse des variances totalement emboîtées. Ce test permet de constater que la valeur de P Value est inférieure à 0,05 pour chacune des 14 variables parmi les 17. Les autres variables ont été rejetées. Les 14 variables présentent dans ce cas une meilleure discrimination entre elles et toutes ont été conservées. Les données ont été soumises à une analyse factorielle discriminante et plusieurs paramètres ont été déterminés à travers cette analyse:

- Le pouvoir discriminant (Valeur de F) ainsi que les valeurs de P value pour chaque variable mesurée ont été générés à travers l'analyse de variance totalement emboîtée dans l'ANOVA sous MINITAB 16;
- La subdivision finale des variables en fonction des groupes étudiés a été obtenue grâce à une analyse hiérarchique des variables dans l'analyse multi variée sous MINITAB 16 ;
- Le coefficient de corrélation multiple pour chaque variable ainsi que le coefficient d'Alpha de Cronbach a été généré grâce à une analyse des éléments dans l'analyse multi variée sous MINITAB. Sa valeur s'établit entre 0 et 1, étant considérée comme "acceptable" à partir de 0,7;
- La distance entre les points centraux des groupes (Distance de Mahalanobis) a été obtenue grâce à une analyse hiérarchique des observations dans l'analyse multi variée sous MINITAB 16.

La distance de Mahalanobis est une mesure de distance introduite par Prasanta Chandra Mahalanobis. Elle est basée sur la corrélation entre des variables par lesquelles différents modèles peuvent être identifiés et analysés.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISATION DES POPULATIONS ÉTUDIÉES

Les résultats issus de l'analyse en composante principale (ACP) effectuée sur les différentes mensurations montrent deux groupes bien distincts (figure 2). L'axe 1 horizontale possède la plus grande d'inertie (54,87%) suivi de l'axe 2 (10,64%). Le plan formé par l'axe 1 et l'axe 2 et qui porte sur 65,51% d'inertie donne la meilleure qualité de représentation (Figure 2). La proportion de bien classé est de 91,91% ce qui est normale puisque qu'on observe sur la figure 2 un individu issu de graine de petite taille qui se classe dans le groupe de la population de KVXGT. L'analyse hiérarchique et la représentation graphique des variables (Figures 3, et 4) montrent que les individus mâles de *B. atrolineatus* issus des graines de petite taille de la variété se caractérisent par la distance minimale entre les yeux ventralement (dvy) et de la plus grande dimension du tibia 3 (Lt3). Les individus mâles issus de graines de grande taille se distinguent par la longueur de l'antenne (Lan), la distance minimale entre les yeux dorsalement (Lmf), de la longueur maximale de tête (Lmt), de la largeur du pronotum au centre (Lap), de la plus grande dimension de la fémur 3 (Lf3), la longueur maximale de la cellule radiale de l'aile postérieure (Loc), de la longueur de l'élytre (Loe), la plus grande dimension du coxa 3 (Lmc), la longueur du premier sternite abdominal (Los), de la largeur du premier sternite abdominal (Las) la longueur (Lpy) et largeur (lpy) du pygidium (Figures 3 et 4). L'examen de la valeur de F montre que les variables possédant globalement le plus fort pouvoir discriminant sont par ordre de F décroissant: Lap (F=1007,33), Lmf (F=273,94), Lmt (F=159,38), Las (F=123,25), Lf3 (F=74,14), Lmc (F=47,41), Loe (F=43,03), Lpy (F=24,50), Lt3 (F=28,36), Lan (F=26,71), dvy (F=25,35), lpy (F=24,50), Loc (F=16,82), Los (F=9,28) (tableau 3). L'analyse de corrélation entre variables et l'axes discriminants montre que toutes les variables à l'exception de dvy et Lt3 qui possèdent une corrélation négative, sont bien représentées sur le premier axe (F1) (Figure 3, tableau 2). Sur le second axe (F2) on observe jusqu'à dix variables qui sont corrélées négativement (Lan, dvy, Lmf, Lf3, Lt3, Loe, Loc, Lmc, Los, Lpy) (figure 3, tableau 2) L'analyse du coefficient de corrélation multiple montre que la distance minimale entre les yeux dorsalement (Lmf) est la plus corrélée à la plupart des autres variables. Le coefficient de corrélation multiple est de 0,98 pour Lmf. Les individus issus des graines de grandes tailles sont plus grands que ceux issus de petite taille. La distance entre les points centraux des groupes (Mahalanobis) est la suivante: KVXGT_KVXPT (0,93). Le coefficient Alpha de Cronbach trouvé a été de 0,85.

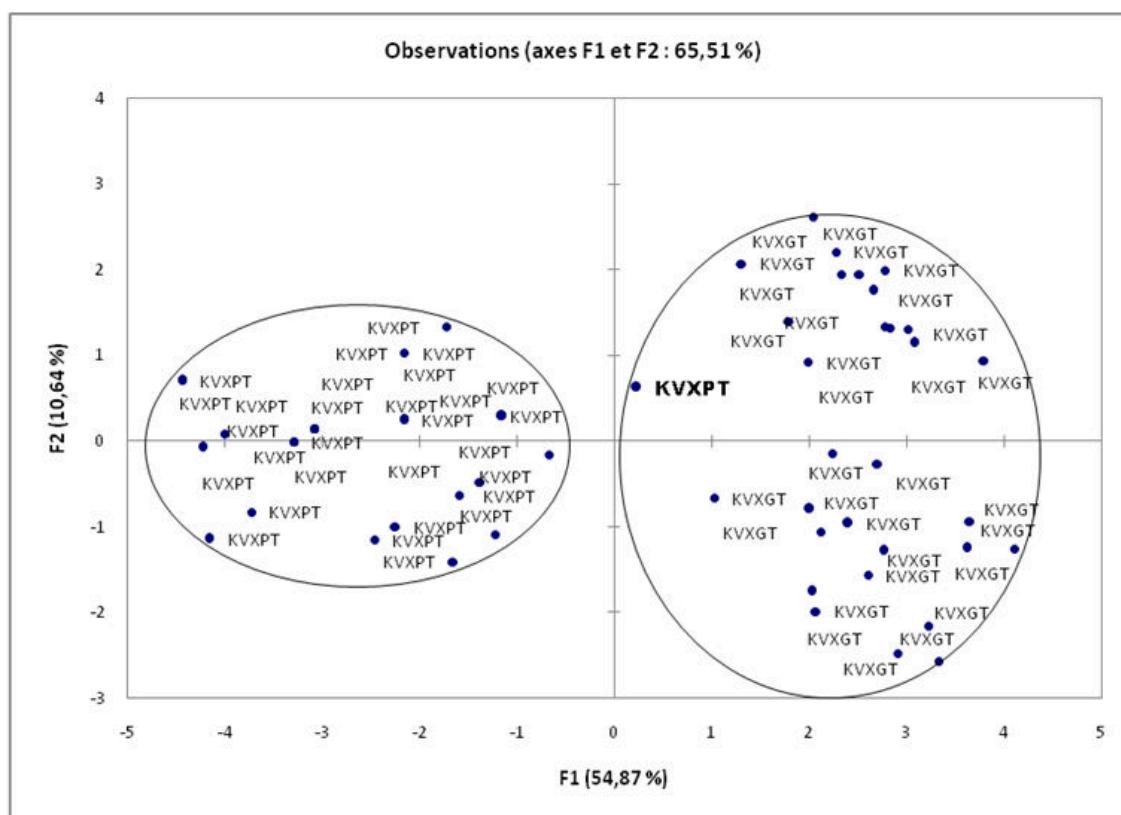


Fig. 2. Représentation dans le plan principal des populations de *B. atrolineatus*: KVXGT: Individus issus des graines de grande taille de KVX. KVXPT: Individus issus des graines de petite taille de KVX.

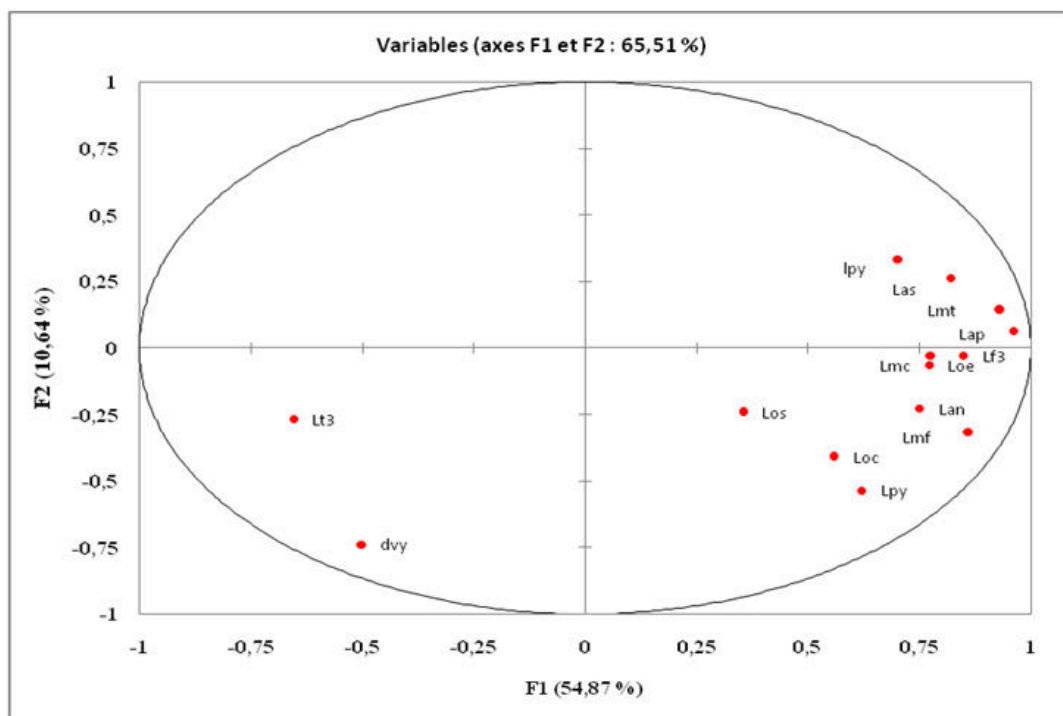


Fig. 3. Représentation dans le plan principal des variables mesurées

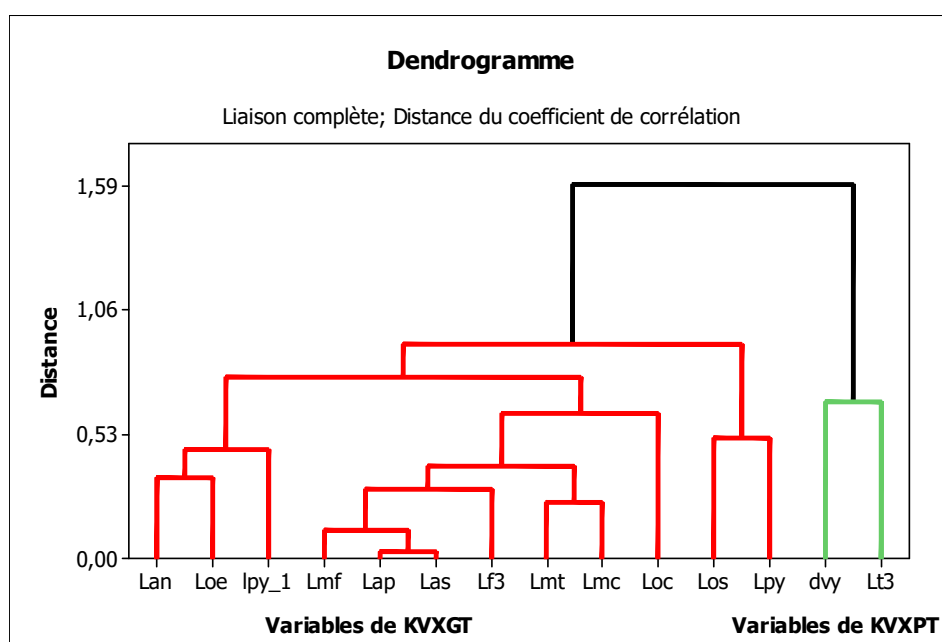


Fig. 4. Dendrogramme des variables caractérisant chaque groupe

Tableau 2. Corrélation et contribution de chaque variable conservée

Variables	Corrélations entre variables		Contributions (%)	
	F1	F2	F1	F2
Lan	0,749	-0,228	4,023	20,352
dvy	-0,500	-0,738	19,716	0,485
Lmf	0,861	-0,315	19,716	0,485
Lmt	0,932	0,142	4,098	16,011
Lap	0,962	0,064	1,132	2,251
Lf3	0,849	-0,029	4,141	0,949
Lt3	-0,655	-0,268	1,172	6,533
Loe	0,773	-0,065	0,004	22,539
Loc	0,559	-0,410	4,640	11,089
Lmc	0,776	-0,030	0,000	0,000
Los	0,355	-0,243	0,096	1,044
Las	0,819	0,263	14,897	8,781
Lpy	0,620	-0,535	11,470	0,699
lpy	0,703	0,332	14,897	8,781

Tableau 3. Taille moyenne, valeur de F et P affecter à chaque variable conservé

Variables mesurées	Mensuration moyenne de KVXGT en mm	Mensuration moyenne de KVXPT en mm	Valeur F	P Value
Lan	1,56±0,09	1,42±0,10	26,712	0,000
dvy	0,15±0,05	0,20±0,00	25,375	0,000
Lmf	0,25±0,05	0,10±0,00	273,946	0,000
Lmt	0,99±0,04	0,82±0,05	159,334	0,000
Lap	0,99±0,02	0,42±0,09	1007,332	0,000
Lf3	1,00±0,02	0,90±0,05	74,148	0,000
Lt3	0,77±0,11	1,21±0,43	28,365	0,000
Loe	1,76±0,13	1,53±0,13	43,035	0,000
Loc	3,32±0,27	3,11±0,09	16,825	0,000
Lmc	1,00±0,00	0,92±0,05	47,419	0,000
Los	0,81±0,07	0,74±0,10	9,288	0,003
Las	1,14±1,14	0,92±0,09	123,250	0,000
Lpy	1,73±0,19	1,44±0,16	38,022	0,000
lpy	1,14±0,06	1,06±0,07	24,505	0,000

4 DISCUSSION

Bruchidius atrolineatus est un ravageur important de niébé en zone sahélienne et la plupart des études qui lui ont été consacrées l'ont été surtout sur sa biologie (Alzouma, 1987; Lenga, 1991; Doumma, 1998) et la dynamique de ses populations tant au champ que dans les structures de stockage (Germain et al., 1985; Alzouma, 1985; Glitho, 1990, Doumma et al., 2006 etc.). Très peu d'études ont concerné ses caractéristiques morphologiques. Ce travail est, à notre connaissance, le premier traitant de l'influence de la taille des graines d'une même variété du niébé sur les caractères morphométriques de l'espèce au Niger. D'abord le coefficient Alpha de Cronbach trouvé est supérieur à 0,7. Selon George et Mallery (2003), un coefficient Alpha supérieur à 0,7 est satisfaisant pour confirmer la fiabilité des tests effectués. Nos résultats montrent que les individus issus des graines de grande taille de KVX sont plus grands que ceux issus des graines de petite taille. Cette variation des paramètres morphométriques de *B. atrolineatus* en fonction des variétés ou taille des graines vient renforcer l'idée développée par Appleby et Gredland (2003). Selon ces auteurs la différence des paramètres morphologiques observée chez *Callosobruchus maculatus* pourrait aussi être liée à une coévolution entre des insectes et le substrat variétal sur lequel a lieu le développement. De plus les travaux d'Archer (2010) montrent que les premières ouvrières, élevées uniquement par la reine au moment de la fondation de la colonie, souffrent d'une alimentation restreinte et sont plus petites que leurs sœurs élevées plus tard par de nombreuses ouvrières. Etudiant les paramètres morphométriques de *Caryedon serratus* issue de plusieurs plantes hôtes, Sembene et Delobel (1996) ont montré que la variété hôte a joué un rôle important dans la discrimination observée entre les

individus et précise que cette discrimination est liée aussi bien en fonction de la taille et de la forme du ravageur. Chez *Heterorhabditis bacteriophora*, collectée au Nord-Est d’Azarbaïjan en provenance d’Iran, les analyses morphométriques et morphologiques ont montré que chez les mâles de cette espèce qui ont un régime alimentaire différent, la partie proximale du gubernaculum est sensiblement courte (Nikdel et al., 2012). Selon ces auteurs, les femelles hermaphrodites ont un motif cuticulaire particulier, de formation d’un certain nombre de crêtes séparées par des rainures transversales et faisant saillie vers l’extérieur avec des motifs en forme de croissant et les lèvres de la vulve distinctes hypertrophiées. Chez *Apis mellifera* adansonii au Nord-Est du Bénin, Les mesures relatives aux caractères morphométriques des ouvrières, ont permis de classer ces abeilles en trois groupes bien distinct selon leur taille (Paraïso et al., 2011) et précisent que les longueurs des abeilles ont varié significativement ($P < 0,05$) allant de $10,86 \pm 0,69$ mm pour les abeilles de petite taille à $11,97 \pm 0,30$ mm pour les abeilles de grande taille. Chez les Acrididae de la région ouest paléarctique, l’analyse morphométrique a permis de constater que les mâles présentent par rapport aux femelles un élargissement des champs sous-costaux antérieur et postérieur, et du champ radial, lié à un déplacement distal de la bifurcation entre les radiales antérieure et postérieure, ce qui entraîne un élargissement de la surface de résonance (Daniel Petit et al., 2006). Cependant, l’interprétation de ces données doit être faite avec prudence. En effet, chez *B. atrolineatus*, la densité larvaire entraîne une miniaturisation des adultes à l’émergence (Desroche et al., 1991). Dans notre étude, les insectes ont été choisis au hasard et plusieurs adultes ont pu émerger d’une seule graine. De plus, des facteurs tels que le degré d’humidité, la texture ou l’odeur, la qualité nutritionnelle, la dureté des graines peuvent jouer un rôle non négligeable sur la morphologie d’un insecte (Delobel et Tran, 1993).

RÉFÉRENCES

- [1] Alzouma, I. 1987. Reproduction et développement de *Bruchidius atrolineatus* Pic. (Coleoptera: Bruchidae) aux dépens des cultures de *Vigna unguiculata* L. Walp (Leguminosae: Papilionaceae) dans un agrosystème sahélien au Niger. *Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. François-Rabelais, Tours France*, 162p.
- [2] Archer, M. E. 2010. The queen colony phase of vespine wasps (Hymenoptera, Vespidae). *Insectes Sociaux*, 57: 133-145.
- [3] Barour, Ch. 2012. Analyse de la biodiversité des populations d’abeilles Mellifères *Apis mellifera* intermissa dans le Nord d’Algérie: Morphométrie moderne basée sur la configuration des Points- Repères. *Thèse de Doctorat, Université Badji-Mokhtar Annaba, Faculté des sciences*, 292 pages.
- [4] Borowiec, L. 1986. The seed-beetle from Yugoslavia, Albania and Greece (Coleoptera, Bruchidae). *Polskie Pismo Entomologiczne*, 56: 577-592.
- [5] Cain, A. J. 1954. Animal species and their evolution. *Hutchinson University Library, London*, 115 pages
- [6] Cornuet, J.M. Fresnaye, L. Tassencourt, M. 1975. Discrimination et classification de populations d’abeilles à partir de caractères biométriques. *Apidologie*, 6 (2): 145-187.
- [7] Daniel Petit, Frédérique Picaud & Lahsen Elghadraoui, 2006. Géométrie morphologique des ailes des Acrididae (Orthoptera : Caelifera) : sexe, stridulation, caractère, *Ann. soc. entomol. Fr. (n.s.)*, 2006, 42 (1) : 63-73
- [8] DELOBEL, A. 1992. La bruche de l’arachide: un exemple contemporain de déplacement du spectre alimentaire. Rapport pour l’Antenne ORSTOM *Museum National d'Histoire Naturelle*, 14p.
- [9] Delobel, A. et Tran, M. 1993. Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. *ORSTOM/CTA. Paris*, pp : 312-316.
- [10] Desroches, P. & Huignard, J. 1991. Effect of larval density on development and induction of reproductive diapause in *Bruchidius atrolineatus*. *Entomol. Exp. Appl.*, 61, 255-263.
- [11] Doumma, A. 1998. Contribution à la recherche de méthodes de lutte contre *Bruchidius atrolineatus* Pic. Et *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera : Bruchidae), Ravageur de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) en zone sahélienne. *Thèse de doctorat. Univ. Abdou Moumouni de Niamey*, 136 p.
- [12] Doumma, A. Liman, A.I. Toudou, A. et Alzouma, I. 2006. Comportement de 20 variétés locales de niébé (*V. unguiculata* (L.) Walp) vis de *B. atrolineatus* P. et *C. maculatus* F., ravageurs du niébé en zone sahélienne: cahiers d’Agriculture, N° 15 ; Vol. 2.
- [13] George, D. & Mallery, P. 2003. SPSS for Windows step by step: A simple guide and référence. 11.0 Update (4th ed.). *Boston: Allyn & Bacon*, 52 p.
- [14] Germain, J. F. Huignard, J. Monge, J. P. 1985. Influence des inflorescences de la plante hôte (*Vigna unguiculata*) sur la levée de la diapause reproductrice de *Bruchidius atrolineatus*. *Ent. Exp. Appl.*, 39, 35-42.
- [15] Glitho, I. A. 1990. Les Bruchidae ravageurs de *Vigna unguiculata* Walp. en zone guinéenne. Analyse de la diapause reproductrice chez les mâles de *Bruchidius atrolineatus* Pic. *Thèse de Doctorat, Université F. Rabelais, Tours*, 100 p.
- [16] Guillaumin, M. 1971. Étude de la variabilité morphologique et biométrique des populations naturelles de *Pyrgus malvae* L et *P. malvoides* Elv et Edw dans leur zone de contact (Lep Hesperidae). Discussion sur les rapports taxonomiques entre ces 2 formes. *Vie Milieu (Serie C)* 22, 91-151

- [17] Lenga, A. 1991. La diapause reproductrice chez *Bruchidius atrolineatus* Pic. Conséquences physiologiques et évolutives – Analyse de la variabilité des réponses aux facteurs inducteurs de la diapause. *Thèse de Doctorat ès-Sciences*. Uni. F. Rabelais Tours, 109 p.
- [18] Nikdel, M. Niknam, G. and Eliasy, G. 2012. Morphological and molecular characterization of a new isolate of *heterorhabditis bacteriophora* poinar, 1976 from east azarbaijan, iran. *Nematol. medit. (2012)*, 40: 135-141
- [19] Paraïso, A. Viniwanou, N. Akossou, A.Y.J. Mensah, G. A. et Abiola, W. 2011. Caractérisation morphométrique de l'abeille *Apis mellifera* adansonii au Nord-Est du Bénin, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(1): 331-344
- [20] Philippeau, G. 1986. Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. *I.T.C.F., Paris*, 63 pp.
- [21] Sembène, M. Delobel, A. 1996. Identification morphométrique de populations soudano-sahéliennes de bruche de l'arachide, *Caryedon serratus* (Olivier) (Coleoptera Bruchidae). *African Journal of Entomology*.

Activité antifongique de l'extrait éthanolique de *Berlinia grandifolia* (Vahl) Hutch. & Dalz. sur les champignons phytopathogènes majeurs des semences

[Antifungal activity of the ethanolic extract of *Berlinia grandifolia* (Vahl) Hutch. & Dalz. on the major phytopathogenic fungi of seeds]

David KOALA¹, Lassina OUATTARA², Paulin OUOBA², Schémaeza BONZI³, Gaston Tobdem DABIRE³, and Irénée SOMDA³

¹Polyvalent Agricultural Center of Matourkou,
Bobo-Dioulasso, BP 130, Burkina Faso

²Department of Biological Sciences,
Nazi BONI University, Training and Research Unit in Sciences and Technologies,
Bobo-Dioulasso, BP 1091, Burkina Faso

³Laboratory of phytopathology,
Nazi BONI University, Institute of Rural Development,
Bobo-Dioulasso, BP 1091, Burkina Faso

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The use of synthetic pesticides may present a danger to humans and the environment, to the point that the research of an alternative to these chemicals is necessary. The present study, aimed finding new natural molecules that may replace synthetic chemicals, looked at the effect of the ethanolic extract of *B. grandiflora* bark on eight seed-borne phytopathogenic fungi. The results of this study showed that *C. lunata* and *C. dematium* are the most sensitive to the ethanolic extract. This attests the presence of fungicidal or fungistatic substances in *B. grandiflora* bark. These results show that the ethanolic extract contains active molecules which, once fractionated, could constitute an alternative in the fight against phytopathogenic fungi. These preliminary results open up the possibility of using the bark of *B. grandiflora* for the production of a natural fungicide. Bioguided fractionation and phytotoxicity tests will identify the most active and non-toxic fractions which could be use in seed protection.

KEYWORDS: *Berlinia grandiflora*, stem bark, inhibition, *Curvularia lunata*, *Colletotrichum dematium*, *Fusarium verticillioides*.

RESUME: L'utilisation des pesticides de synthèse peut présenter un danger pour l'Homme et pour l'environnement, au point que la recherche d'une alternative à ces produits chimiques est nécessaire. La présente étude initiée dans le but de trouver de nouvelles molécules naturelles, susceptibles de remplacer les produits chimiques de synthèses, s'est intéressé à l'effet de l'extrait éthanolique des écorces de *B. grandiflora* sur huit champignons phytopathogènes transmises par les semences. Les résultats de cette étude ont montré que *C. lunata* et *C. dematium* sont les plus sensibles à l'extrait éthanolique. Ce qui atteste la présence de substances fongicides ou fongistatique dans les écorces de *B. grandiflora*. Ces résultats montrent que l'extrait éthanolique contient des molécules actives qui une fois fractionnée pourraient constituer une alternative dans la lutte contre les champignons phytopathogènes. Ces résultats préliminaires ouvrent des perspectives sur la possibilité d'utiliser l'écorce de *B. grandiflora* pour la production d'un fongicide naturel. Un fractionnement bioguidé et des tests de phytotoxicité permettront d'identifier les fractions les plus actives et non toxiques en vue de leur utilisation pour la protection des semences.

MOTS-CLEFS: *Berlinia grandiflora*, écorce, inhibition, *Curvularia lunata*, *Colletotrichum dematium*, *Fusarium verticillioides*.

1 INTRODUCTION

L'intensification de l'agriculture passe par le contrôle des maladies et des ravageurs des cultures qui causent d'énormes dégâts au niveau de la production et de la conservation des produits agricoles. En Afrique subsaharienne, la protection des cultures et des semences est essentiellement basée sur l'utilisation des produits phytosanitaires de synthèse. Parmi ces produits phytosanitaires, les fongicides de synthèse occupent une place très importante [1]. Cependant, si l'utilisation de ces substances actives apporte des bénéfices pour les systèmes de production agricole, il est important de souligner leur impact négatif sur l'environnement, la santé humaine et animale [2]. Les effets secondaires de la lutte chimique sont aussi catastrophiques que le fléau lui-même [3]. En effet, les produits chimiques déversés dans la nature, posent un problème écologique, économique et sanitaire. L'utilisation des pesticides de synthèse peut entraîner la disparition des populations d'insectes, la pollution des eaux de surface et des nappes phréatiques [4] et la neutralisation de la faune du sol [2]. La recherche de fongicides naturelles d'origine végétale, moins toxiques pour l'Homme et l'environnement, est de nos jours considérée comme une des alternatives aux fongicides de synthèse. En effet, des études menées sur des extraits de plantes ont montré leur efficacité sur les champignons phytopathogènes tels que *Colletotrichum graminicola* [5], *Curvularia lunata* [6], *Fusarium moniliform* [6], *Fusarium oxysporum* [7], *Macrophomina phaseolina* [8] et *Phytophthora colocasiae* [9]. Une bonne connaissance des potentialités des plantes de nos formations végétales est indispensable pour le développement d'une agriculture respectueuse de l'environnement. La présente étude a pour but de déterminer les propriétés antifongiques de *B. grandiflora*, une espèce locale rencontrée à l'Ouest et au Sud du Burkina Faso. En Afrique, elle est répandue de la Guinée jusqu'en République Démocratique du Congo. Elle est présente généralement en forêt galerie. *B. grandiflora* est une espèce appartenant à la famille des Fabaceae. C'est un arbre de taille petite à moyenne atteignant 25 à 30 m de haut, à fût souvent court, droit et cylindrique. Les feuilles sont alternes, paripennées, de 15 à 30 cm de long, à folioles elliptiques oblongues ou obovales. L'inflorescence est une panicule terminale dressée à fleurs vertes et blanches avec un seul pétale à base pubescente et mesurant 6 x 3 cm [10]. Cette espèce est utilisée en médecine traditionnelle pour soigner plusieurs maladies. Les écorces du tronc sont utilisées contre les vers intestinaux. Les racines et les feuilles en décoction soignent les hépatites. Enfin les racines bouillies soignent les maux de cœur [11].

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal est constitué d'écorce de *B. grandiflora*, récolté à trente kilomètres au Sud - Ouest de la ville de Bobo-Dioulasso (photo 1).



(A) Fleur

(B) Ecorce de tronc

Photo 1: *B. grandifolia* ; Fleur (A), écorce de tronc (B)

2.1.2 MATÉRIEL FONGIQUE

Le matériel fongique est constitué de huit champignons phytopathogènes (Tableau I) de semences offerts par la clinique des plantes de l'Université Nazi BONI.

Tableau 1. Souches fongiques utilisées

Champignons phytopathogènes	Origine
<i>Alternaria alternata</i> (Fr) Keissler	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L)
<i>Colletotrichum dematium</i> (Pers. Ex Fr) Grove	Niébé (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp)
<i>Colletotrichum graminicola</i> (Ces) Wilson	Sorgho (<i>Sorghum bicolor</i> (L) Moench)
<i>Curvularia lunata</i> (Wakker) Boedijn	Maïs (<i>Zea mays</i> L.)
<i>Fusarium moniliform</i> Sheldom	Sorgho (<i>Sorghum bicolor</i> (L) Moench)
<i>Fusarium oxysporum</i> F.sp. <i>Radici-Lycopersici</i> (Sheld)	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L)
<i>Fusarium verticillioides</i> (Sacc) Nirenberg	Maïs (<i>Zea mays</i> L.)
<i>Macrophomina phaseolina</i> (Tassi) Goid	Niébé (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp)

2.2 MÉTHODE

2.2.1 RÉCOLTE ET EXTRACTION

Les écorces prélevées ont été découpées en petits morceaux de 2 à 5 cm de longueur, puis séchées à la température ambiante du laboratoire et à l'ombre pendant trois semaines et pulvérisées à l'aide d'un broyeur (GM-200 Resch). Cent grammes de poudre ont été prélevée et mélangé à 300ml d'éthanol (Carlo Erba)-eau distillée (distillateur GFL®, Typ : 2004) 70% (v/v) [12] dans un erlenmeyer de 500ml. Le mélange obtenu a été à soumis une agitation pendant quarante-huit heures. L'homogénat est filtré successivement deux fois sur du coton hydrophile (label®) puis sur du papier filtre Wattman. Le filtrât obtenu a subi une évaporation rotative (BUCHI ROTAVAPOR R-200). L'extract sec obtenu été conservés à 4°C avant utilisation. L'opération a été répétée trois fois et le rendement moyen d'extraction a été calculé selon la formule ci-dessous :

$$R = (m/M) \cdot 100$$

R: Rendement de l'extract en pourcentage (%) ; m: la masse de l'extract brut obtenu après extraction (g) et M : la masse du matériel végétal (g).

2.2.2 EVALUATION DE L'ACTIVITÉ ANTIFONGIQUE

Préparation des milieux de cultures : une solution mère a été préparée en introduisant 1g d'extract dans 10mL d'eau distillée, soit une concentration massique de 100 mg/ml. Cette solution a été utilisée pour la préparation du milieu de culture Potatose Dextrose Agar (PDA) (Liofilchem®, Italy) à 1mg/ml. 1mL de la solution mère a été ajouté à 99 mL d'eau contenant 4,2g de PDA. Tous les champignons ont été testés à la concentration de 1mg/ml. Les champignons les plus sensibles à cette concentration ont été testés aux doses de 2,5 ; 5 et 10 mg/ml. Ces dernières concentrations ont été obtenues en ajoutant respectivement 2,5; 5 et 10 ml de la solution mère à 97,5 ; 95 et 90ml d'eau distillée contenant 4,2 g de PDA.

Le milieu de culture servant de "témoin eau" a été préparé en mélangeant 4,2g de PDA (Liofilchem®, Italy) à 100mL d'eau distillée. Ces milieux de cultures ainsi préparés ont été stérilisés à l'autoclave (Pbl) à 120°C pendant 30mn. Après refroidissement à 60°C, ces milieux ont été répartis dans des boîtes de pétri de 90 mm de diamètre (Aptaca Italy).

Le milieu témoin à base de fongicide a été préparé en mélangeant 4,2g de PDA à 100mL d'eau distillée puis stérilisé dans les mêmes conditions que précédemment. Après refroidissement à 60°C, 0,4g de Calthio C (25% chloroform-ethyl + 25% Thirame, WS) a été ajouté au mélange eau-PDA, homogénéisé puis réparti dans des boîtes de pétri.

Les boîtes de pétri contenant les milieux de culture ont été ensemencées par des explants de mycélium âgé de 10jours dans des conditions aseptiques sous une hotte à flux laminaire (Napflow 12STD GV2EFR). Les boites de pétri ont été scellée avec du parafilm (Parafilm®, Neemah, Wi54956), puis incubées à 22-23°C pendant 12 heures sous la lumière proche Ultra-Violet (PhilipsTLD 36W / 08) alterné avec 12 heures d'obscurité [13].

Evaluation de la croissance radiale mycélienne : L'évaluation de la croissance radiale a été faite quatre et sept jours après incubation (JAI). Deux droites perpendiculaires passant par le centre de l'explant ont été tracées sur le couvercle de la boîte de pétri et servant à mesurer le diamètre du mycélium. La moyenne arithmétique des mesures faites sur les deux droites perpendiculaires a constitué le diamètre moyen de croissance mycélienne. Le pourcentage moyen d'inhibition de la croissance mycélienne a été calculé selon la formule suivante :

$$I = [(Dt-De)/Dt] * 100$$

I : pourcentage moyen d'inhibition de la croissance mycélienne ; Dt : diamètre moyen d'inhibition du témoin eau et De : diamètre moyen d'inhibition de l'extrait ou du fongicide.

TRAITEMENT ET ANALYSE DE DONNÉES

Le tableur Microsoft Excel 2013 nous a servi à saisir les données et à représenter les graphiques. Le logiciel XLSTAT 2007 a servi à analyser les données. La comparaison des moyennes a été effectuée à l'aide du test de comparaison multiple de Student Newman Keuls au seuil de 5%.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RESULTATS

3.1.1 RENDEMENT DE L'EXTRACTION

Le rendement de l'extraction a été de $4,40 \pm 0,30$ % par rapport à la masse de matière végétale utilisée. L'extrait éthanolique recueilli après évaporation du solvant est sous forme de cristaux, de couleur marron-foncé (Photo 2).



Photo 2 : Cristaux d'extrait éthanolique de *B.grandifolia*

3.1.2 CROISSANCE MYCÉLIENNE DES DIFFÉRENTS CHAMPIGNONS À 1MG/ML D'EXTRAIT ÉTHANOLIQUE

La croissance mycélienne de tous les isolats ont été totalement inhibés par le témoin fongicide au quatrième et au septième jour après incubation. Les différentes souches ont réagi différemment à l'extrait végétal. Comparativement au témoin eau, une différence significative au seuil de 5% selon le test de Student Newma Keuls a été observée au niveau de la croissance mycélienne de *C. lunata* et *M. phaseolina* au quatrième jour après incubation. Cependant, seul *C. lunata* a montré une différence significative avec le témoin eau au septième jour après incubation (photo 3) (Tableau II et III). Le taux d'inhibition de la croissance radiale calculé au septième jour, par rapport au témoin eau a montré des valeurs de 17,72% ; 7,17% et 4,57% respectivement pour *C. lunata*, *C. dematium* et *F.verticillioides*.

Tableau 2. Effet comparé des traitements sur les différentes souches fongiques au quatrième jour après incubation

Traitement	Croissance radiale mycélienne (cm)							
	<i>F. ver</i>	<i>F. mon</i>	<i>F. oxy</i>	<i>C. lun</i>	<i>C. gra</i>	<i>C. dem</i>	<i>M. pha</i>	<i>A. alt</i>
Témoin eau	4,300 ^a	4,633 ^a	3,900 ^a	5,450 ^a	4,400 ^a	3,966 ^a	8,800 ^a	2,117 ^a
Témoin fongicide	0,500 ^b	0,500 ^b	0,500 ^b	0,500 ^b	0,500 ^b	0,500 ^b	0,500 ^b	0,500 ^b
Extrait éthanolique (1mg/ml)	4,250 ^a	4,483 ^a	3,800 ^a	4,250 ^c	4,383 ^a	3,550 ^a	7,933 ^c	2,117 ^a
Probabilité	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Les valeurs dans une même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le teste Newman Keuls. *F. ver*: *Fusarium verticilloides*, *F. mon*: *Fusarium moniliforme*, *F. oxy*: *Fusarium oxysporum*, *C. lun*: *Curvularia lunata*, *C. gra*: *Colletrichum gramincola*, *C. dem*: *Colletrichum dematium*, *M. pha*: *Macrophomina phaseolina*, *A. alt*: *Alternaria alternata*.

Tableau 3. Effet comparé des traitements sur les différentes souches fongiques au septième jour après incubation

Traitement	Croissance radiale mycelienne (cm)							
	<i>F. ver</i>	<i>F. mon</i>	<i>F. oxy</i>	<i>C. lun</i>	<i>C. gra</i>	<i>C. dem</i>	<i>M. pha</i>	<i>A. alt</i>
Témoin eau	7,283 ^a	6,933 ^a	6,933 ^a	8,367 ^a	7,050 ^a	6,050 ^a	9,000 ^a	3,267 ^a
Témoin fongicide	0,500 ^b	0,500 ^b	0,500 ^b	0,500 ^b	0,500 ^b	0,500 ^b	0,500 ^b	0,500 ^b
Extrait éthanolique (1mg/ml)	6,950 ^a	7,100 ^a	7,100 ^a	6,883 ^c	7,650 ^a	5,616 ^a	9,000 ^a	3,000 ^a
Probabilité	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Les valeurs dans une même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le teste Newman Keuls. *F. ver*: *Fusarium verticilloides*, *F. mon*: *Fusarium moniliforme*, *F. oxy*: *Fusarium oxysporum*, *C. lun*: *Curvularia lunata*, *C. gra*: *Colletrichum gramincola*, *C. dem*: *Colletrichum dematium*, *M. pha*: *Macrophomina phaseolina*, *A. alt*: *Alternaria alternata*.

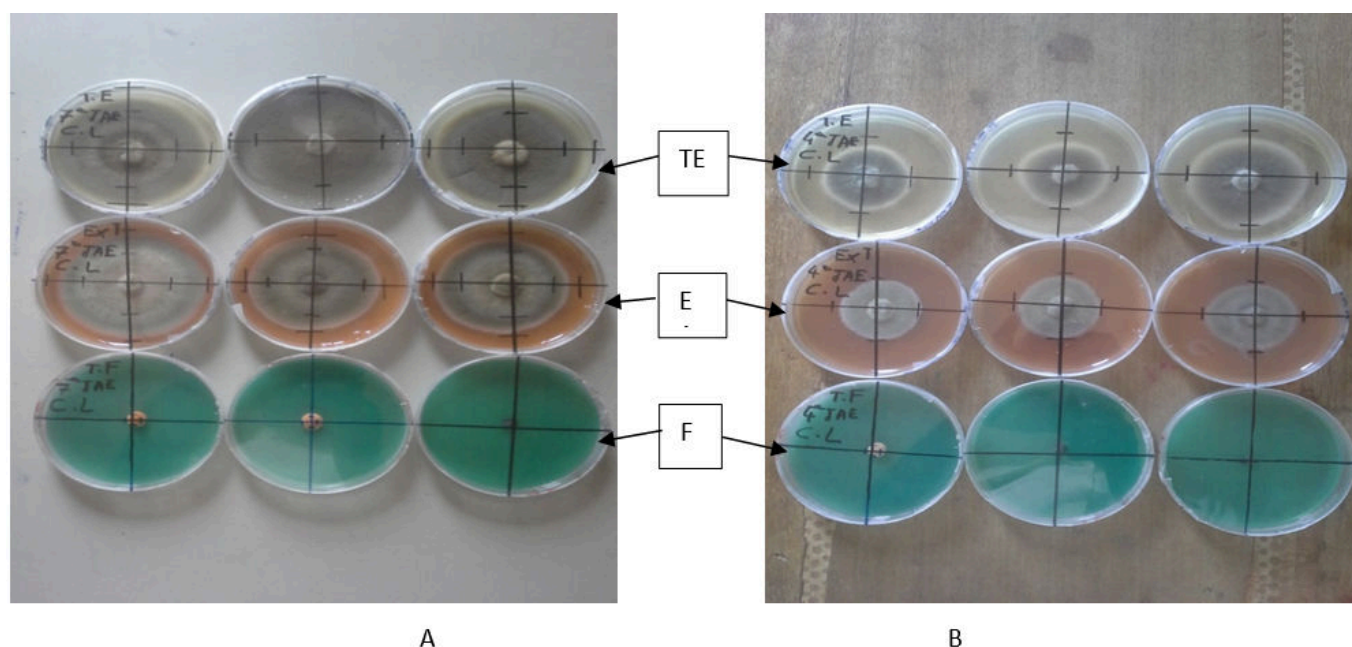


Photo 3: la croissance radiale de *C. lunata* au quatrième jour (A) et au septième jour (B)
 TE : Témoin eau ; E : Extrait éthanolique à 1mg/ml et F : fongicide

3.1.3 EFFET DE LA VARIATION DES CONCENTRATIONS D'EXTRAIT SUR LA CROISSANCE MYCÉLIENNE

Les résultats de la croissance mycélienne des trois champignons les plus sensibles à l'extrait sont consignés dans le tableau IV. L'analyse de variance montre une différence hautement significative entre les traitements au quatrième jour après incubation. L'effet comparé des traitements sur la croissance mycélienne de *C. lunata* montre une différence hautement significative entre le témoin eau et les plus fortes concentrations de l'extrait à 5 et 10mg/ml. Cependant aucune différence significative n'a été observée entre le témoin eau et l'extrait à 2,5mg/ml. Aussi, il n'a pas de différence significative entre l'activité de l'extrait à 5mg/ml et à 10mg/ml (photo 4). Au septième jour après incubation, la différence observée entre les traitements est hautement significative. On note une diminution de la croissance mycélienne lorsqu'on la concentration en extrait augmente. (Tableau IV et Photo 3). L'effet comparé des traitements sur la croissance mycélienne de *F. verticillioïdes* et l'analyse des variances montre qu'aucune différence significative n'existe entre les traitements (photo 5). Pour ce qui concerne *C. dematium*, aucune différence significative n'a été observée au quatrième jour après incubation. Cependant, au septième jour après incubation, une différence significative a été observée entre la croissance du champignon à 10mg/ml et les autres traitements (photo 6).

Tableau 4. Effet des traitements sur la croissance radiale de *C. lunata*, *F. verticillioïdes* et *C. dematium*

Traitement	Croissance radiale mycélienne (cm)					
	<i>C. lunata</i>		<i>F. verticillioïdes</i>		<i>C. dematium</i>	
	4 JAI	7JAI	4 JAI	7JAI	4 JAI	7JAI
témoin eau	6,250 ^a	9,000 ^a	2,200 ^a	3,033 ^a	2,925 ^a	5,192 ^a
Extrait (2,5mg/ml)	5,800 ^a	8,900 ^a	2,250 ^a	2,817 ^a	3,017 ^a	5,183 ^a
Extrait (5mg/ml)	4,533 ^b	7,633 ^b	2,067 ^a	2,633 ^a	3,133 ^a	5,250 ^a
Extrait (10mg/ml)	3,933 ^b	5,950 ^c	1,850 ^a	2,533 ^a	2,300 ^a	4,000 ^b
Probabilité	0,000	0,000	0,222	0,218	0,247	0,005

Les valeurs dans une même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%. 4JAI : quatrième jour après incubation ; 7JAI : septième jour après incubation.

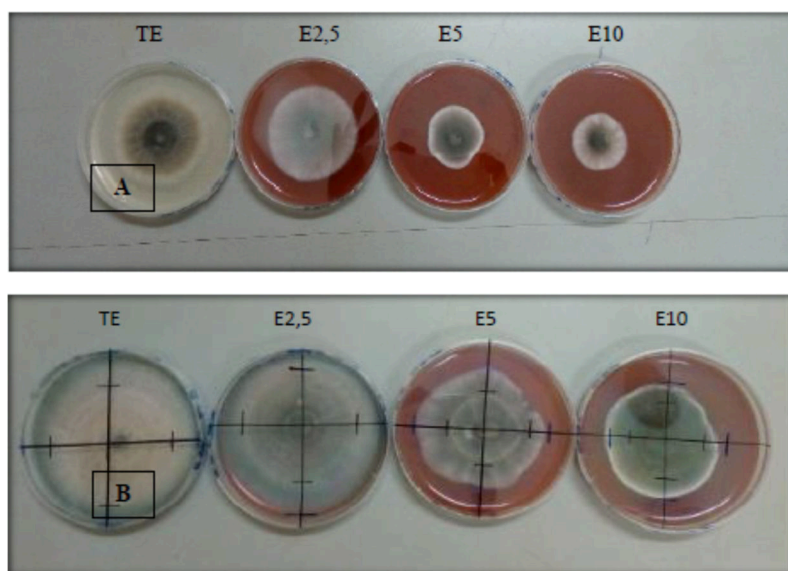


Photo 4 : Croissance radiale de *C. lunata* selon les doses de l'extrait au quatrième (A) et au septième jour (B) après incubation. TE : témoin eau ; E2,5 : extrait à 2,5mg/ml ; E5 : extrait à 5mg/ml et E10 : extrait à 10mg/ml.

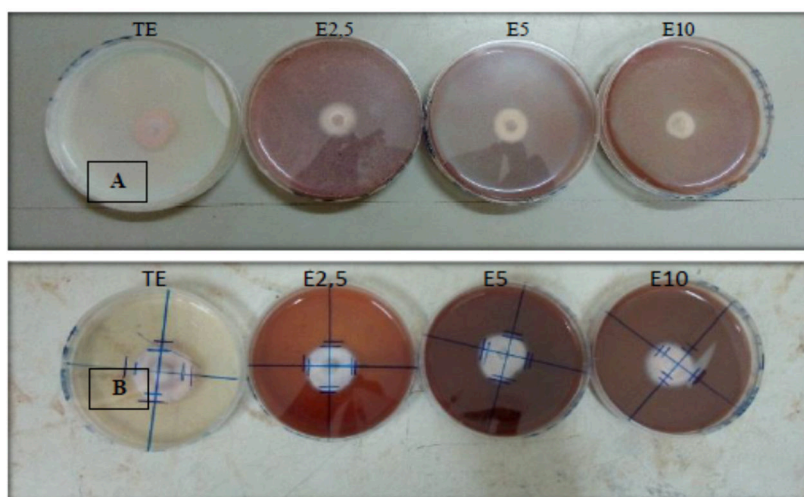


Photo 5 : Croissance mycélienne de *F. verticillioides* selon les doses de l'extrait au quatrième (A) et au septième jour (B) après incubation. TE : témoin eau ; E2,5 : extrait à 2,5mg/ml ; E5 : extrait à 5mg/ml et E10 : extrait à 10mg/ml.

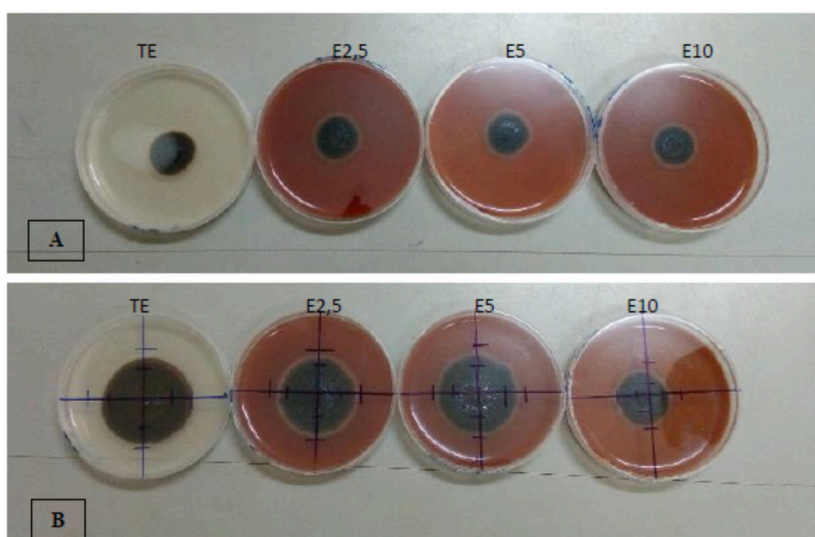


Photo 6 : Croissance radiale de *C. dematium* selon les doses de l'extrait au quatrième (A) et au septième jour (B) après incubation. TE : témoin eau ; E2, 5 : extrait à 2,5mg/ml ; E5 : extrait à 5mg/ml et E10 : extrait à 10mg/ml.

4 DISCUSSION

Le rendement de l'extraction est de 4,4%. Ce rendement pourrait être amélioré car certains auteurs ont rapporté que le rendement en extrait serait influencé par les conditions environnementales, la période de récolte, l'âge du matériel végétal [14], [15] et/ou le type de solvant utilisé [16], [17].

L'évaluation de l'effet de l'extrait éthanolique de l'écorce de tronc de *B. grandiflora* sur les champignons testés a montré une sensibilité variable d'un champignon à l'autre.

La première série de test a montré que *C. lunata* (22,02%) et *M. phaseolina* (9,85 %) au quatrième jour après incubation sont sensibles à l'extrait à la dose de 1mg/ml. A la même concentration et au septième jour après incubation, on a noté des taux d'inhibition de 17,72%, 7,17% et 4,57% respectivement pour *C. lunata*, *C. dematium* et *F. verticillioides*. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la proportion du principe actif antifongique serait faible dans l'extrait éthanolique total. Plusieurs auteurs ont montré que l'activité biologique d'une substance pourrait être fonction de sa proportion en principe actif [18]. L'augmentation de la concentration en principe actif pourrait entraîner une forte activité antifongique [17]. Ainsi dans la présente étude, l'augmentation de la concentration de l'extrait (2,5; 5 et 10mg/ml) à entraîner une plus grande sensibilité des champignons phytopathogènes à l'extrait des écorces de *B. grandiflora*. Les taux d'inhibition au septième jour après incubation,

montrent que l'extrait a un effet inhibiteur sur *C. lunata* (33,89%) *C. dematium* (22,96 %) *F.verticillioïdes* (16,49%) à 10mg/ml. *C. lunata* et *C. dematium* sont plus sensible à l'extrait. En effet, la croissance mycélienne diminue lorsque la concentration de l'extrait augmente dans le milieu. Certains auteurs ont mentionné l'existence de flavonoïdes, de tanins, de saponosides, de terpènes, de stéroïdes et de carbohydrates dans l'extrait éthanolique de *B.grandiflora* [19]. L'activité antifongique de l'extrait éthanolique de *B.grandiflora* pourrait être due à ces composés. En effet selon certains auteurs, les extraits de plantes contenant des composés tels que les tanins, les flavonoïdes [20] et les alcaloïdes [20] pourraient être dotés de propriétés fongicides [21], [22]. D'autre part, des études antérieures ont montré que les monoterpènes inhibaient la croissance fongique [1] en agissant sur la membrane mitochondriale des cellules fongiques pour bloquer leur fonctionnement [23], [24].

La présente étude prospective ayant démontrée un potentiel antifongique de l'extrait éthanolique de *B.grandiflora*, il serait intéressant de poursuivre les travaux en procédant à un fractionnement de cet extrait pour concentrer le(s) principe(s) actif(s). Cela permettrait d'avoir un taux d'inhibition plus élevé [17]. De plus cette étude pourrait être complétée par des tests de phytotoxicité pour vérifier son innocuité sur les semences de maïs, de sorgho et de niébé qui sont des plantes beaucoup cultivées au Burkina Faso et en Afrique de l'Ouest. Les résultats de ces travaux pourraient être exploités en protection des semences. *B.grandiflora* étant répandue dans les formations végétales de la région du Sud-Ouest du Burkina Faso et mieux adapté au climat soudanien [25] peut faire l'objet d'une sylviculture pour l'exploitation de son écorce dans la production de fongicide naturel.

5 CONCLUSION

La présente étude avait pour objectif d'évaluer les propriétés antifongiques de *B. grandiflora* sur huit champignons phytopathogènes transmis par les semences. Il ressort que l'extrait éthanolique à la concentration de 10mg/ml, agit différemment sur les champignons testés. Il inhibe la croissance radiale de *C. lunata*, de *C. dematium* et de *M. phaseolina*. Cette inhibition de la croissance radiale augmente lorsque la concentration de l'extrait dans le milieu augmente. La plus forte inhibition a été observée sur *C. lunata* avec 33,89 % de réduction de la croissance radiale. A notre connaissance cette étude a montré pour la première fois le potentiel antifongique de l'extrait éthanolique de *B. grandiflora*. Cette étude prospective donne des résultats préliminaires qui ouvrent des perspectives sur la possibilité d'utiliser l'écorce de *B. grandiflora* pour la production d'un fongicide naturel. Un fractionnement bioguidé permettra d'identifier les fractions les plus actives contre les champignons phytopathogènes. Cette étude pourra être complétée par des tests de phytotoxicité en vue de l'utilisation des fractions les plus actives pour la protection des semences.

REMERCIEMENTS

Nous remercions toute l'équipe des laboratoires de Biologie végétale et de Biochimie de l'Université Nazi BONI pour leurs contributions techniques pour l'identification, la récolte des plantes ainsi que l'extraction de l'huile essentielle. Nos remerciements vont également à la Clinique des Plantes de l'Université Nazi BONI en particulier au Pr SOMDA Irénée pour nous avoir fourni le plateau technique pour les tests antifongique et de phytotoxicité.

RÉFÉRENCES

- [1] S. Hmiri, M. Rahouti, Z. Habib, B. Satrani, M. Ghanmi et M. El Ajjouri, "Evaluation du potentiel antifongique des huiles essentielles de *Mentha pulegium* et d'*Eucalyptus camaldulensis* dans la lutte biologique contre les champignons responsables de la détérioration des pommes en conservation", *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 80, pp. 824 – 836, 2011.
- [2] Gountan, *Effet des pesticides et de différents types de matière organique sur la macrofaune et la microflore d'un sol sous culture pluviale de Tomate (*Lycopersicum esculentum* Linné)*. Mémoire de Master en science du sol, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 2013.
- [3] K. Abbassi, Z. Atay-Kadiri et S. Ghaout, "Activité biologique des feuilles de *Calotropis procera* (AIT.R.BR) sur le Criquet pèlerin *Schistocerca gergaria* (Forskål, 1775)", *Zool. Baetica*, vol. 15, pp.153-166, 2004.
- [4] A. El Ouali Lalami, M. Merzouki, O. EL Hallali, S. Maniar, S. Ibsouda Koraichi, "Pollution des eaux de surface de la ville de Fès au Maroc: Typologie, origine et conséquences", *Larhyss Journal*, n° 09, pp.55-72, 2010.
- [5] Bonzi, S., Efficacité des extraits aqueux de quatre plantes dans la lutte contre les champignons transmis par les semences de sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) : cas particulier de *Colletotricum graminicola* (Ces.) Wilson et *Phoma sorghina* (Sacc.) Boerema, Dorenbosch et Van Kesteren, Mémoire de DEA, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 2007.

- [6] P. Ouoba, L. Ouattara, S. Bonzi, J. T. Yameogo, I. Somda, "Evaluation of antifungal activity and phytotoxicity of the essential oil of *Zanthoxylum zanthoxyloides* fruits", *Agricultural Science Research Journal*, vol.8, no.4, pp.92-99, 2018.
- [7] J.A. Prieto, O. J. Patiño, W. A Delgado, J. P. Moreno, L. E. Cuca, "Chemical Composition, Insecticide and Antifungal Activities of the Essential Oils of Fruits of three *Zanthoxylum* species from Colombia", *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71, pp.73-82, 2011.
- [8] A.L.N. Ugulino, A.F. Mendonça Júnior, P.M. Santos Rodrigues, A.B. Santos, K.R. Silva França, T.A.L. Cardoso, L.S. Prado Júnior, "Inhibition Effect of Vegetable Oils on the Mycelial Growth of *Macrophomina phaseolina* (Tassi.) Goid", *Journal of Agricultural Science*, vol. 10, no.6, pp. 49-56, 2018
- [9] N. G Tsopmbeng, C. J .P. Megatche, J. A. Lienou, A. Yaouba , F. J Djeugap and D. A. Fontem, 2014. "Évaluation des activités antifongiques des extraits de plantes contre *Phytophthora colocasiae*, agent causal du mildiou du taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)", *Journal of Applied Biosciences*, 81, pp. 7221-7232, 2014.
- [10] Arbonnier, *Trees, shrubs and lianas of West African dry zones*, CIRAD-MNHN-UICN, Paris, France, 2004.
- [11] Malgras, *Arbres et Arbustes guérisseurs des savanes Maliennes*, Editions KARTHALA et ACCT. Collection Économie et Développement, 1992.
- [12] L. Ouattara, J. Koudou, C. Zongo, N. Barro, A. Savadogo, I.H.N. Bassole, A.S. Ouattara and Alfred S. Traore, "Antioxidant and Antibacterial Activities of Three Species of *Lannea* from Burkina Faso", *Journal of Applied Sciences*, vol.11 , no.1, pp 157-162, 2011.
- [13] Mathur and Kongsdal, *Common Laboratory Seed Health Testing Methods for Detecting Fungi*, ISTA, Danish Government Institute of Seed pathology for Developing Countries, Copenhagen, Denmark, 2003.
- [14] Svoboda and Hampson, *Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants: antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory and other related pharmacological activities*. Plant Biology Department, SAC Auchincruive, Ayr, Scotland, UK. 1999.
- [15] B. Smallfield, "Introduction to growing herbs for essential oils, medicinal and culinary purposes", *Crop & Food Research*, 45, pp.1-4, 2001.
- [16] R. Ferhat, S. Laroui, M. Abdeddaim "Huile et profil en acides gras des amandes de *Crataegus Azarolus* L.", *Lebanese Science Journal*, vol. 15, no. 2, pp.73-79, 2014
- [17] B. A. M. B. Orsot, S. Soro, N. G. Konkou, D. Koné, G.N. Zirihi, "Étude ethnobotanique et évaluation in vitro de l'activité antifongique des extraits de l'écorce de *Zanthoxylum gillettii* (de Wild Waterman) sur deux souches phytopathogènes de *Sclerotium rolfsii*", *Journal of Applied Biosciences*, 98, pp. 9309 – 9322, 2016.
- [18] J.H.S Thangara, o. Adjei, B.W Allen, F. Portaels, "In vitro activity of Ciprofl oxacin, Sparfl oxacin, Ofl oxacin, Amikacin and Rifampicin against Ghanaian isolates of *Mycobacterium ulcerans*", *J. Antimicrob. Agents Chemother*, vol. 45, no. 2, pp. 231-233, 2000.
- [19] G. C. Akuodor, S. C. Onyewenjo, N. A. Anyalewechi, A.D. Essien, J. Akpan, D.O. Okoroafor and M.O Okere, "In vitro antimicrobial activity of leaf extract of *Berlina grandiflora* Hutch. and Dalz" , *African Journal of Microbiology Research*, Vol. 5, no.11, pp. 1358-1360, 2011.
- [20] P. Chávez-Quintal, T. González-Flores, I.R. Buenfil, S. Gallegos-Tintoré, "Antifungal Activity in Ethanolic Extracts of *Carica papaya* L. cv. Maradol Leaves and Seeds", *Indian Journal of Microbiology*, vol. 51, no.1, pp.54-60, 2011.
- [21] T.E. Pamo, L. Tapondjou, F. Tendonkeng, J.F. Nzogang, J. Djoukeng, F. Ngandeu and J.R. Kana, "Effet des huiles essentielles des feuilles et des extrémités fleuries de *Cupressus lusitanica* sur la tique (*Rhipicephalus lunulatus*) à l'Ouest-Cameroun", *Revue de l'Académie des Sciences du Cameroun*, vol. 3, no. 3, pp. 169-175, 2003.
- [22] B. Ling, M. Zhang, C. Kong, X. Pang and G. Liang, "Chemical composition of volatile oil from *Chromolaena odorata* and its effect on plant, fungi and insect growth", *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, vol. 14, no. 5, pp. 744-746, 2003.
- [23] F. Nazzaro, F. Fratianni, R. Coppola and V. De Feo, "Essential Oils and Antifungal Activity", *Pharmaceuticals*, vol.10, no. 4, pp. 86, 2017.
- [24] H. Yoshimura, Y. Sawai, S. Tamotsu and A. Sakai, "1, 8-cineole inhibits both proliferation and elongation of BY-2 cultured tobacco cells", *J Chem Ecol*, vol.37, no.3, pp. 320 - 328, 2010.
- [25] Ouoba, *Flora and vegetation of the Niangoloko Forest Reserve, South western Burkina Faso*; PhD Thesis, University of Ouagadougou, Ouagadougou, Burkina Faso, 2006.

L'organisation du travail en milieu hospitalier : Validation de l'échelle de l'Agence Nationale d'Appui à la Performance des Etablissements de Santé et Médicosociaux sur l'organisation du travail auprès du personnel hospitalier des hôpitaux gabonais

[Work organization in the hospital : Validation of the scale of the National Support Agency in the performance of health and medical establishments on the organization of work among hospital staff of Gabonese hospitals]

Tessa MOUNDJIEGOUT¹, Samuel NYOCK ILOUGA², and Nathalie LEROY²

¹Departement de psychologie,
Université Omar Bongo, B.P 13131,
Libreville, Gabon

²Departement de psychologie,
Université de Yaoundé 1,
Yaoundé, Cameroon

³Docteur en Psychologie du travail,
Formasup, Villeneuve d'Ascq, France

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The purpose of this study was to validate the psychometric properties of the scale on the work organization in the hospital developed by the National Agency for Support to the performance of health and medical establishments (ANAP) through the implementation of exploratory and confirmatory analyzes. All these analyzes were performed using SPSS 17 software and Amos. The technique of weighted least squares estimation (Weighted Least Square) from the correlation matrix has been used to evaluate the model. The final results propose four factors (collective work, help at work, organizational and informational change, pace constraints and activity peaks). This provides a factorial appropriate structure and acceptable confirmatory evidence.

KEYWORDS: work organization in the hospital, collective work, help at work, constraints and activity peaks.

RÉSUMÉ: Le but de cette étude était de valider les qualités psychométriques de l'Echelle sur l'organisation du travail en milieu hospitalier mise au point par l'Agence Nationale d'Appui à la Performance des Etablissements de Santé et Médicosociaux (ANAP) à l'aide des analyses exploratoire et confirmatoire. La technique par estimation des moindres carrés pondérés (Weighted Least Square), à partir de la matrice de corrélation, a été utilisée. Les résultats finaux, proposent quatre facteurs (collectif de travail, entraide au travail, changement organisationnel et informationnel, contraintes de rythme et pointes d'activités) donnant ainsi une structure factorielle adaptée et des indices confirmatoires acceptables.

MOTS-CLEFS: organisation du travail en milieu hospitalier, collectif de travail, entraide au travail, contrainte de rythme et pointes d'activités.

1 INTRODUCTION

La notion d'organisation du travail couvre plusieurs dimensions. Selon l'approche psychologique, cette notion renvoie à la définition et à la répartition des fonctions, des tâches voire des postes de travail nécessaires à l'obtention d'une production donnée. C'est aussi donner, choisir ou mettre en place les moyens matériels et humains pour assurer la mise en route et le suivi des activités [1]. Les pionniers tels que [2].ou [3] ont abordé le concept d'organisation du travail autour de la notion scientifique et administrative du travail, tandis que d'autre tel que [4] parle de nouvelles formes d'organisation. Selon ce dernier, ces nouvelles formes d'organisation se caractérisent par une forme qui s'adapte aux contraintes d'un nouvel environnement, à travers un changement stratégique, structurel et technologique, mais aussi par un changement profond du management et un renversement complet de l'organisation du travail. Ainsi, Les auteurs fondateurs des théories des organisations, évoquaient la notion du changement organisationnel pour justifier de la pertinence de leurs théories ([5];[6];[7];[8];[9];[10]).

Dans cette optique, [11] définit le changement organisationnel comme *un processus de transformation radicale ou marginale des structures et des compétences qui ponctue le processus d'évolution des organisations*. L'auteur souligne, au même titre que [12] qu'il n'existe pas d'approche ou de modèle consensuel sur le changement organisationnel mise à part la distinction entre changement volontariste et changement déterministe. Les principales théories de l'organisation à caractère déterministe ou volontariste, traitent du changement organisationnel selon trois critères : les acteurs du changement, la relation entre l'organisation et son environnement et enfin, les modèles spécifiques du changement.

1.1 L'ORGANISATION DU TRAVAIL

Dans les travaux de [13], le changement est vu comme un processus stable représenté par la chaîne suivante : l'action détermine une réponse organisationnelle (en fonction des choix) soumise à évaluation et à interprétation guidant à son tour une nouvelle action. Les modèles de [14]. et de [12] sont probablement les plus complets pour expliquer le changement. Les travaux de [14] cherchent à analyser le processus de changement par l'acte de changement plutôt que par le moment de changement. L'acte de changement s'inscrit dans une séquence entre le contexte, le contenu et le processus. Cette analyse « contextualiste » permet d'expliquer que le changement radical ou par le contenu prend naissance dans un contexte (politique, culturel, entrepreneurial) et constitue un processus dans lequel les dirigeants cherchent à légitimer leur action.

Si l'on considère que le changement organisationnel est causé par la loi sur le temps de travail par exemple, on accorde un poids très fort à l'environnement externe, en particulier législatif, pour justifier les changements organisationnels au sein des entreprises et des organisations. On se situe alors dans une approche déterministe. Le changement ne se fait pas naturellement, mais sous la pression de l'environnement, c'est donc une contrainte. On peut se placer dans le cadre de la théorie de la contingence structurelle [15] dans ce cas de figure ; ici, la structure des organisations reflète l'interdépendance entre l'organisation et l'environnement externe. Si la théorie de la contingence est modérément déterministe et laisse une latitude réduite aux dirigeants (possibilité d'utiliser les heures supplémentaires), le changement organisationnel de structure est imposé par l'environnement lorsque la « congruence » n'est plus assurée entre des variables internes et les variables externes.

Ainsi, les différentes réformes du système hospitalier français et gabonais ont marqué les évolutions structurelles des Centres hospitaliers régionaux et Universitaires (CHRU). Ces évolutions ont permis le développement et la mise en exergue des résultats de l'engagement de toutes les composantes hospitalières autour des vastes projets d'établissements dédiés au bon fonctionnement du service public hospitalier.

Ces projets d'investissement de grande importance ont été menés à bien et les équipes médicales, soignantes, techniques, logistiques et administratives se sont engagées collectivement pour mener à terme ces projets. Au niveau des conditions de travail et de sécurité par exemple, certains nouveaux bâtiments ont permis d'offrir aux patients un « confort hôtelier » (même si cette expression ne fait pas l'unanimité) à la hauteur des exigences d'un établissement public moderne.

La rénovation des blocs opératoires par exemple, a également permis d'offrir un plateau technique d'excellence, elle s'est assortie d'une réflexion sur les organisations de travail, les mutualisations de moyens et la gouvernance. Le développement d'une médecine de pointe accessible à tous s'est traduit par la mise en place de nouvelles prises en charge. La chirurgie ambulatoire, la structuration des consultations d'annonce en cancérologie ou encore la création de structures d'accueil adaptées, permettent de limiter les séparations mères-enfants et nourrissons, sont autant d'exemples qui donnent une nouvelle configuration des structures hospitalières actuelles. Dans certains établissements, d'autres programmes d'actions ont été développés, on peut citer entre autre la démarche de gestion prévisionnelle des métiers et des compétences avec pour but de repenser l'ensemble des organisations avec l'encadrement et l'aide d'une cellule d'accompagnement social. Le plan

d'actions pour prévenir les risques psychosociaux a été également élaboré, l'institut de formation des personnels de santé a été créé (actuellement Ecole Nationale Supérieure de Santé et d'Actions Sociales) dans le double objectif de mutualiser les formations tout en conservant les spécificités de chaque filière.

Une autre série de transformations majeures concerne directement la professionnalisation des actes des soins dans tous ses états : d'une part au niveau de la reconnaissance acquise par les professions de soins, le détachement sur le plan administratif des professions médicales, le changement de statut ayant des incidences sur les rapports entre les différents corps professionnels et, d'autre part, sur les stratégies de carrière des membres des professions concernées et implicitement sur leurs relations de coopération. Notons que certaines spécialisations médicales sont nouvelles (par exemple la création d'un service d'urgentistes avec l'arrivée du SAMU), et la transformation des hiérarchies médicales se répercute dans les rapports à l'intérieur du corps paramédical, dans le fonctionnement de l'équipe du bloc opératoire, par exemple. Si la tendance actuelle au niveau de l'organisation du travail est vers plus d'autonomie et de spécialisation, celle-ci n'est pas en contradiction avec l'augmentation de l'interdépendance observée au niveau de l'exécution des tâches.

La professionnalisation des actes de soins est considérée comme une des formes d'amélioration générale des conditions de travail : la formation initiale et continue (les stages, départ en stage de perfectionnement ou de spécialisation) des professionnels, la présence de psychologues dans certaines équipes (bien que cela reste plutôt rare dans certains centres hospitaliers gabonais) sont citées dans ce sens. Les infirmiers et infirmières prêtent une attention à la dimension intellectuelle de leur activité (être dans la réflexion, pas seulement dans l'exécution). Ils accordent généralement à l'expérience, acquise par l'ancienneté, le rôle prééminent dans la création d'une zone propre d'expertise et l'éventualité de pousser encore plus loin la professionnalisation, par exemple en situant la formation des infirmières à un niveau universitaire, est dans ce sens vu avec réserve.

La traçabilité hospitalière confirme une fois de plus la professionnalisation à travers la multiplication des procédures et des formulaires d'enregistrement des traitements et des interventions d'une part, et d'autre part, elle témoigne de la remise en cause du pouvoir médical par les usagers. Autour de la question des communications plus générales (informatisation, accès à l'information par les professionnels et les patients, constitution du dossier infirmier en parallèle au dossier médical, etc.), il y a polarisation des opinions entre ceux qui relèvent l'amélioration nécessaire du circuit de l'information et ceux qui soulignent surtout la surcharge de travail que les opérations d'enregistrement peuvent représenter. Les derniers considèrent ce système comme responsable de la réduction du temps des soins et de présence auprès du patient. Il est certain que cette bureaucratisation constitue en même temps un instrument de contrôle administratif et un de ses effets est le renforcement de la coopération hiérarchique.

C'est en 1991 qu'[16] théorisa le modèle coopératif. Ce modèle tiré de l'économie, s'est révélé plus souple pour s'adapter aux fluctuations de marchés portant sur des produits différenciés. Dès les années 1970, les travaux de la sociologie de la contingence structurelle avaient mis en évidence que le modèle traditionnel de la coordination hiérarchique était surtout adapté à un environnement stable et prévisible, tandis que le modèle de la coordination horizontale, basé sur la coopération, se révélait plus organique et plus adapté à des changements continus dans la mesure où il concilie les impératifs de flexibilité et d'intégration [17]. Ainsi, le travail collectif a subi des analyses multiples dans le cas de la production dans l'industrie automobile en particulier à travers la coopération au sein de collectifs de travail, tels qu'une équipe, une équipe autonome ou semi-autonome, etc. Les formes du travail collectif ont aujourd'hui une portée beaucoup plus large que le cadre de l'atelier de production avec des formes d'organisation par projet et concernent désormais l'ensemble du réseau interne et externe de l'entreprise.

Les évolutions récentes du travail se sont déroulées dans un contexte de diffusion rapide des nouvelles technologies de l'information et de la communication qui, en modifiant le cadre temporel et spatial des interactions dans les groupes, rendent possible des articulations inédites entre des formes de coordination « en présence » et « à distance » [18]. La question de la transformation des collectifs de travail et des formes de coopération rencontre ainsi celle du progrès technique comme le soulignait [19] à propos du passage du travail parcellisé à l'automatisation. L'usage d'une technique comme l'informatique par exemple, nécessite ainsi la mise en œuvre de formes de coopération et d'entraide entre les utilisateurs [20]. La *solidarité technique* s'ajoute ainsi aux solidarités mécanique et organique et constitue « une forme de conscience collective qui soude durablement » salariés et dirigeants [21] d'une part et salariés entre eux, d'autre part.

1.1.1 LE COLLECTIF DU TRAVAIL

Ce collectif implique une division du travail entre les participants. Chaque participant étant responsable d'une partie du problème à résoudre. Dans la collaboration, les participants s'engagent tous dans la même brèche en se coordonnant afin de résoudre le problème ensemble. Ils échangent leur point de vue sur les informations existantes, planifient et gèrent leur temps, organisent leur travail, partagent les expériences, définissent les objectifs communs et construisent ensemble les informations.

Les relations entre les participants doivent être de mise surtout dans le cadre de travail en binômes ou en équipe. Notons que le travail collectif nécessite une organisation particulière et la présence d'un coordinateur qui favorise l'organisation du travail au sein du groupe semble importante. Ce type de travail permet une émulation, il favorise aussi des conflits qui permettent de confronter ses propres points de vue avec ceux des collègues et pourquoi ne pas enrichir son propre point de vue.

Le travail en équipe ou travail collectif renvoie tant à l'organisation en équipe des professionnels, qu'à des échanges spontanés entre des partenaires engagés dans des activités liées aux soins médicaux. Les frontières qui séparent l'organisationnel « formalisé » de l'entraide « informelle » ne sont ni fixes, ni établies selon les mêmes critères dans les différents collectifs de travail. Par ailleurs, Travailler en équipe ne suppose pas forcément coopérer lorsque les relations sont conflictuelles ou limitées à des aspects purement fonctionnels. Il est à noter, que le fonctionnement des équipes de travail dépend en grande partie des négociations sur les horaires de travail, cette variable occupe une place importante et les remplacements sont considérés comme des formes de coopérations plutôt vécues comme des frustrations par les autres membres de l'équipe ou par les patients. Autrement dit, l'arrivée massive des nouveaux membres dans les équipes ou encore certains remplacements afin de faire face aux multiples absences du personnel, sont autant des facteurs qui donnent aux anciens un sentiment d'obligation de former les nouveaux afin d'assurer leurs obligations de garde, d'astreintes ou encore des remplacements. Le partage des tâches entre les membres d'une équipe travaillant à effectifs réduits, sont souvent évoqués comme étant à l'origine de situations conflictuelles ou de tensions à l'intérieur des équipes ou entre les équipes. Le système hospitalier actuel est structuré, la position qui revient ici aux aides-soignantes est exemplaire, c'est-à-dire que cette catégorie est constituée pour décharger les infirmières des tâches les moins qualifiées, elles ne peuvent valoriser leur travail qu'en assumant des tâches d'exécution déléguées par les infirmières ou en surinvestissant les contacts privilégiés avec les patients. La pénurie de personnel les menace doublement ; à la fois à cause des surcharges de travail (être en bout de chaîne exclut toute possibilité de déléguer le travail propre) et des situations de risque de violence dans les rapports avec les patients et leurs familles. Malgré les améliorations ponctuelles des conditions matérielles de travail, les situations d'isolement ou d'exclusion dans cette catégorie semblent relativement nombreuses.

Par conséquent, coopérer suppose une forme de croyance dans le collectif ou encore l'équipe, le groupe ou le corps professionnel, l'institution (l'hôpital), dans ses qualités professionnelles et éthiques, de même que dans sa mission de salut (humaniste, humanitaire). Les discours sur la coopération dévoilent les rapports au groupe de référence, une vision pragmatique ou « professionnelle », la nécessité de formaliser ou de rationaliser la coopération, etc. La coopération est ainsi traitée comme une « ressource », substantialisée, disponible ou manquante, et des experts peuvent être convoqués pour stimuler sa production. Dans cette optique, nous pouvons retrouver plus de discours sur la coopération aux deux extrêmes de la hiérarchie professionnelle, chez ceux qui ne se justifient professionnellement que par leur capacité de mobilisation du travail des autres, et chez ceux dont la précarité de statut rend la dimension symbolique de la profession encore plus précieuse ; c'est-à-dire qu'en milieu hospitalier, c'est l'esprit de corps qui est souvent évoqué comme constituant un principe d'union et d'alliance supérieur à l'esprit d'équipe. Notons, que la principale caractéristique de l'esprit d'équipe est la résolution des problèmes en interne, et les défaillances de l'encadrement, l'incapacité des cadres infirmiers par exemple à régler ces conflits « en interne », peuvent le mettre à mal. Ainsi, l'intérêt suprême du patient peut être invoqué en toute circonstance et opposé à l'intérêt individuel ou de groupe, pour mobiliser une équipe et ses membres, alors dans ce cas de figure refuser de remplacer un collègue ou de coopérer peut porter tort au malade avant tout, et cela signifie aussi manquer à la mission propre à la profession. La force de l'identification à cette mission et de la revendication d'une telle vocation peut l'emporter sur celle de la hiérarchie sociale et professionnelle, et une aide-soignante peut revendiquer en toute légitimité sa présence dans la proximité du malade et l'opposer comme fondement de sa vocation à la mission essentiellement technique de l'infirmière.

En définitive, le travail en équipe dans le milieu hospitalier devient une nécessité moderne, cette répartition du travail est devenue nécessaire en complexité des protocoles et techniques et de celle de l'organisation du travail infirmier. Afin d'assurer la qualité de soins complexes par des soignants qui n'ont pas tous la même expérience, afin d'offrir aux malades une stabilité d'interventions dans un système où la mouvance du personnel est courante, que ce soit par maladie, pour les congés, pour les pauses ou les heures de repas ou toute autre forme d'absentéisme, une équipe peut amortir l'impact de la difficulté. Elle permet malgré tout un équilibre et une certaine constance dans les soins [22]. En raison de la présence de plusieurs personnes, il y a potentiellement toujours quelqu'un qui est présent, qui connaît le malade et qui a l'expérience pour faire face aux divers

problèmes que risque de présenter son état. Dans cette optique, lorsque l'une s'absente, quelqu'un d'autre peut prendre la relève. L'équipe permet donc de mieux assumer le travail qu'une répartition individuelle parce qu'on peut faire plus facilement à plusieurs ce que l'on aurait de la difficulté à effectuer seule. Sans compter que les forces et les faiblesses des uns sur le plan des connaissances et de l'expérience, viennent compenser celles des autres.

1.1.2 CONTRAINTES DE RYTHMES ET POINTES D'ACTIVITÉS

S'agissant des contraintes de rythmes et pointes d'activité, l'analyse de l'activité indique une plus forte évolution depuis les vingt dernières années. En matière de type de prise en charge, l'analyse révèle que l'ambulatoire connaît une «évolution dynamique, ce qui réduit le nombre de séjours en hospitalisation complète. Au niveau des soins, le constat montre que pour les parts de séjours en obstétrique par exemple la situation semble stable, tandis que les séjours en chirurgie non ambulatoire, celles des actes médicaux ont diminué au profit des séjours de chirurgie ambulatoire. L'évolution de l'activité hospitalière, peut se mesurer par le nombre de séjours par exemple, mais ne se traduit pas par le volume au sens où il ne tient pas compte de la lourdeur du tarif de chaque séjour. Notons également que le second indicateur à prendre en compte est le nombre de cas de tout genre traité par jour, cette évolution d'activités, se subdivise en deux approches que sont le nombre de séjours d'une part et d'autre part, par l'effet structure qui se traduit par l'activité induite, soit par une augmentation de la lourdeur des séjours, soit par une amélioration du codage des informations médicales.

L'analyse de l'activité en milieu hospitalier repose principalement sur le type d'hospitalisation ; celui-ci permet de distinguer les séjours en ambulatoire, les séjours en hospitalisation complète et les séances. En matière de catégories d'activités de soins, il s'agit là d'une nouvelle proposition de classification dont la particularité est l'affranchissement des regroupements des séjours selon les différentes versions de classification. Pour une activité considérée déjà très chronophage par le personnel hospitalier, cet investissement est lourd en temps, c'est la raison pour laquelle ces derniers doivent être accompagnés non seulement par les services administratifs mais également par les responsables médicaux dont l'engagement est fondamental si le changement dans l'organisation hospitalière et les processus de prise en charge doivent être effectifs. Ils doivent aussi s'appuyer sur un dialogue social de qualité qui aura permis de clarifier le cadre dans lequel s'exerce cette gestion quotidienne au sein de leur établissement. Par ailleurs, le personnel hospitalier est confronté à une difficulté majeure ; celle d'adopter non seulement une organisation, mais également un mode de fonctionnement qui leur donne la capacité d'absorber l'incertitude quasi permanente liée à l'activité non programmée, aux absences inopinées ou à tout événement découlant des structures complexes dans lesquelles ils évoluent.

La gestion du temps de travail par exemple, est rendue complexe par plusieurs types de contraintes, selon une temporalité à différents niveaux, à savoir ; quotidienne (la journée de 8 heures), hebdomadaire (la semaine de 40h), mensuelle (nombre d'heures travaillées par mois qui figure sur la fiche de paie), ou annuelle (quantité de congés payés, nombre de jours fériés). La semaine est restée pendant plus d'un siècle la référence couramment utilisée en matière de temps de travail, avec la semaine de 48 puis de 40h, correspondant à un nombre fixe de journées de 8h. La journée de travail est souvent, en milieu hospitalier, un poste de travail et, précisément pour les soignants, un poste dont la durée n'est pas forcément égale à 8h. Il faut également édicter des règles qui permettent de valoriser les absences : quand un soignant qui travaille en postes de 10 heures est absent, comment lui décompter cette absence ? Enfin, le législateur a introduit la notion de temps de travail effectif, qu'il a distingué du temps rémunéré. Décompter le temps de travail effectif nécessite de savoir si les pauses, les repas ou les temps d'habillement comptent ou non. Les établissements publics et privés n'ont pas les mêmes conceptions sur ces points. La continuité nécessaire à l'activité de soins en constitue la caractéristique essentielle et amène à devoir faire se succéder dans la même fonction plusieurs personnes physiques, et donc à prévoir des roulements qui planifient cette succession. Dans l'élaboration des plannings, la recherche de l'équité entre les personnels concernés est évidemment un critère très important, d'autant plus que les personnels eux-mêmes, y veillent tout particulièrement. Chaque personnel ayant le même cycle, légèrement décalé par rapport à celui de l'agent précédent de façon à assurer une permanence des effectifs présents chaque jour et dans chaque tranche horaire. Compte tenu de cette complexité, la construction des plannings est très délicate, d'autant que chacun veille, d'une part, à ce que le total de la ligne corresponde exactement à 40h en moyenne sur la semaine, le cycle ou l'année et, d'autre part, à ce que toutes les lignes soient équivalentes en contraintes (nombre de week-ends travaillés, emplacement des jours des congés, etc.).

La technicité n'est pas la seule difficulté à surmonter pour opérer des changements dans la gestion du temps de travail. La prise en compte de la variable temps interfère en effet avec deux autres facteurs : l'activité de soins et le consensus social en place. Au niveau de l'activité de soin, la tâche est rendue difficile par le fait que, si une part importante de l'activité peut en effet être prévue (activité programmée), les établissements de soins accueillent de surcroît une activité non programmée

(notamment les urgences), et qu'il est donc difficile de pouvoir prédire exactement le volume de l'activité à traiter un jour donné et le besoin en effectifs qui en découle. Or, les plannings et roulements doivent être affichés à l'avance, pour que les personnels sachent comment s'organiser leur emploi du temps et puissent prendre leurs dispositions en conséquence. La nécessité de pouvoir être réactif face aux variations d'activité, et celle d'assurer une certaine permanence dans les roulements et l'organisation des personnels, fait appel à la qualité de management du responsable hiérarchique direct (chef de service, cadre, major, etc.) qui, en se montrant suffisamment souple pour accepter (dans certaines limites) les arrangements de plannings demandés par les personnels, pourra, à l'occasion, leur demander d'accepter en retour des modifications à son initiative.

Mais ces ajustements restent le plus souvent au niveau du service, or la réalité des plannings effectués doit servir de base à l'établissement des fiches de paie mensuelles : décompte des heures, prise en compte des éventuelles heures supplémentaires, travail de jour ou de nuit, travail le dimanche, etc. Et il faut encore veiller à ce que ces ajustements ne dérogent pas à la réglementation en vigueur, qu'elle provienne des règles nationales (convention collective ou Fonction publique hospitalière selon les cas) ou locales (accord d'entreprise ou d'établissement). Il faut aussi veiller à une bonne affectation des effectifs dans les différents services pour ne pas gaspiller des ressources précieuses, notamment au moment des congés annuels.

S'agissant du consensus social, face à ces contraintes citées précédemment, les personnels vont faire valoir non seulement leurs droits, mais aussi leurs souhaits quant à l'aménagement du temps, dans la mesure où les frontières du temps de travail définissent aussi de façon complémentaire celles de leur temps libre, et où la charge de travail vécue influe sur leurs conditions de travail mais aussi sur leur qualité de vie. Et les organisations syndicales veillent au respect des textes et accords signés et font preuve d'une grande vigilance sur les éventuels changements qui seraient proposés par la hiérarchie hospitalière ou ministérielle.

1.1.3 LE CHANGEMENT ORGANISATIONNEL ET INFORMATIONNEL

C'est le passage d'un état actuel à un état désiré d'une situation originale actuelle jugée inadaptée, à une autre considérée comme étant plus adaptée, qui répond mieux aux exigences du milieu ou aux nouvelles aspirations des personnes concernées [23]. Selon les déterministes, les causes d'un tel projet sont externes à l'organisation, pour [10], l'environnement reste la première cause du changement organisationnel contrairement aux volontaristes qui estiment que des causes sont plus internes ; c'est-à-dire aux actions et choix stratégiques des managers et aux processus de décisions associés à ces actions et à ces choix [24]. Pour [25], la remise en question de cette distinction est nécessaire d'autant plus que les causes d'un tel projet ne sont ni interne et externe mais dépendent plutôt de l'interaction entre les deux.

D'après l'approche socio-dynamique, le changement organisationnel est fonction d'un équilibre intentionnel entre les différentes forces motrices appelant le changement et les forces qui freinent toute évolution de la situation [26], ceci suppose le passage d'une situation actuelle de déséquilibre à une situation destinée ou acceptée d'équilibre.

1.1.4 L'ENTRAIDE AU TRAVAIL

Les relations d'entraide sont des manifestations de solidarité à l'intérieur de l'équipe qui contribuent à l'affirmation de l'identité professionnelle d'un groupe déterminé par rapport à d'autres. Elles peuvent constituer des formes de résistance à la coopération contrainte ou imposée par la hiérarchie. L'entraide permet une distribution équitable des tâches à l'intérieur d'une équipe, en tenant compte des différences objectives entre leurs membres, de leurs ressources physiques ou de leurs compétences : une des définitions données de la coopération est de « *savoir passer la main* ». Les conflits autour d'opérations supposant habituellement l'entraide des membres d'une équipe interviennent dans des situations de dysfonctionnement institutionnel malgré les manifestations de bonne volonté de la part de ceux qui sont disposés à coopérer. L'entraide a lieu habituellement au même niveau hiérarchique, bien que cela puisse se passer aussi entre aides-soignantes et infirmières ou autres corps médical. Plusieurs témoignages concourent à indiquer que les opérations communes aux deux groupes professionnels (faire les lits) sont des sources potentielles de conflits, et que le partage équitable des tâches dans les situations de travail « en binôme » (par exemple l'usage du « beep » la nuit) suppose le rappel de la règle par celui qui est en position subordonnée (l'aide-soignante), qui « ne doit pas se laisser faire ».

Les surveillants tiennent souvent compte dans l'organisation des équipes, des chances de coopération et d'entraide entre leurs membres, regroupés « par caractères », afin d'éviter ou limiter les conflits. Cependant, plusieurs facteurs objectifs peuvent faire obstacle à l'entraide des collègues : les surcharges de travail en cas de personnel insuffisant (vacances, absences, etc.) ; les inégalités de compétences ou les incompatibilités de statut entre les membres de la même équipe, qui obligent une minorité à aider les autres ; les désajustements entre des « générations » formées à des périodes différentes et habituées à

des techniques de travail différentes, sont autant de facteurs qui peuvent avoir comme conséquence le refus d'entraide comme indiqué plus haut.

A l'inverse des surveillants, les infirmières, parce qu'elles valorisent dans leur travail la dimension psychique de la prise en charge des patients, notamment pour se distinguer des médecins, plus centrés sur la prise en charge des troubles somatiques, ont un *a priori* plus favorable à l'égard de la prise en charge psychologique. Or les catégories professionnelles réticentes vis-à-vis du savoir psychologique et des méthodes d'accompagnement sont moins réceptives et tirent moins profit du soutien. Les demandes d'aide, exprimées à l'oral, sont ponctuelles et toujours à l'initiative de l'infirmière, l'aide n'est pas proposée spontanément par les collègues, pour des infirmières, qui travaillent simultanément dans un service, elles sont seules pour prendre en charge les patients de leur secteur. C'est pourquoi, elles sollicitent l'aide des aides-soignantes ou des agents des services hospitaliers, par exemple, pour manipuler certains malades. De même, la durée des aides effectives est plus importante pour les scores de stress minimums que pour les scores de stress élevés. Les scores de stress de 20 et 31 points sont associés à des durées d'aide respectivement égales à 3 min 51 s et 5 min 34 s alors que les scores de stress les plus hauts, équivalents à 44 et 62 points, totalisent respectivement 2 min 46 s et 2 min 20 s d'aide effective, par exemple d'après le rapport de la [27].

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 PARTICIPANTS

Un total de 600 personnels de santé appartenant à sept structures hospitalières et de tout sexe confondu ont participé à cette étude. Les participants ont un âge moyen de 36,6 ans (E.T=3,6), sept établissements hospitaliers de Libreville (Gabon) ; Centre Hospitalier Universitaire de Libreville (CHUL), l'Hôpital Egypto-gabonais (EGYPTO), l'Hôpital d'Instruction des Armées Omar Bongo Ondimba, Centre Hospitalier de Nzeng-Ayong (CHNA), Centre Hospitalier Régional de Melen (CHRM), Centre de Cancérologie d'AGONDJE ont répondu favorablement à notre demande d'étude. L'échantillonnage accidentel a été favorisé, nous pouvons enregistrer 214 (35.66%) hommes et 386 (64.34%). S'agissant des catégories professionnelles, nous pouvons noter 56 (9.33%) médecins généralistes, 126 (21%) infirmiers d'état, 132 (22%) infirmières assistantes, 241 (40.16%) spécialistes (psychologue, dentiste, gynécologue, stomatologue, etc.), 39 (6.5%) sages-femmes et 6 (1%) cadres administratifs. Plus d'une dizaine des services (administration hospitalière, service des entrées, de consultations, de maternité, de réanimation, de cardiologie, des blocs, de traumatologie, de stomatologie, de neurologie, de gynécologie, de pédiatrie, des urgences, de radiologie, de chirurgie et d'O.R.L) dans chaque centre hospitalier a été mobilisée, à ces services nous avons ajouté le service de cancérologie du centre de cancérologie d'Agondjé. Sur un total de 1500 questionnaires distribués, seuls 700 ont été récupérés, dont 600 questionnaires exploitables.

2.2 PROCÉDURE

La majorité des variables de la recherche proviennent d'un questionnaire qui a été rempli par le personnel hospitalier entre décembre 2013 et février 2014, près de trois mois durant. Les questionnaires et les formulaires de consentement ont été distribués par nos soins dans chaque établissement hospitalier et services appartenant à ces établissements. Ledit personnel a été informé par leur hiérarchie que leur participation était volontaire, l'anonymat assuré et que les données collectées seraient strictement confidentielles et ne seront utilisées qu'à des fins de recherche. Une deuxième collecte de données s'est déroulée entre juin et mi-août 2014. Cette fois-ci il avait été proposé à un sous-échantillon de 200 personnels hospitaliers travaillant dans les mêmes structures précitées. Nous leur avons demandé de remplir une deuxième fois le questionnaire dans l'optique d'évaluer la fiabilité test-retest.

2.3 ECHELLE

Le questionnaire de l'ANAP sur l'organisation du travail en milieu hospitalier est un auto-questionnaire de 52 items, subdivisé en quatre sous-dimensions ; «collectif de travail : (C.T), l'entraide au travail : (E.T), le changement organisationnel ou informationnel : (COI) et les contraintes de rythmes et pointes d'activités : (CRPT) ». Chaque personnel hospitalier était invité à indiquer sur une échelle de type Likert à cinq pas de réponses (1 : pas du tout d'accord ; 2 : pas d'accord ; 3 : d'accord ; 4 : tout à fait d'accord ; 5 : plus que d'accord) son degré d'acceptation ou non parmi les affirmations proposées. Dans ce questionnaire, chaque dimension renvoie à une ou plusieurs sous-échelle, le collectif de travail enregistre trois sous-échelles: 1) le travail avec les collègues (Q5 ; Q9 ; Q17 ; Q27 ; Q33), exemple : vous travaillez régulièrement avec des collègues, vous travaillez

régulièrement avec des collègues tout le temps, vous travaillez avec des collègues moins d'un quart du temps, etc. 2) le travail avec les responsables hiérarchiques (Q1 ; Q37 ; Q41 ; Q47), exemple : vous travaillez avec des supérieurs hiérarchiques au moins un quart du temps, vous travaillez avec des supérieurs hiérarchiques tout le temps, vous travaillez régulièrement avec votre supérieur hiérarchique, etc. 3) le travail avec des personnes extérieures à l'institution (Q13), exemple : vous travaillez régulièrement avec des personnes extérieures à l'établissement.

S'agissant de l'entraide au travail, divisée en dix items et quatre sous-échelles caractérisent cette dimension: 1) l'aide par les collègues (Q6 ; Q10 ; Q14 ; Q42), exemple : dans le cadre d'une surcharge de travail, vous êtes aidés par vos collègues, dans le cadre d'une surcharge de travail, vous êtes aidés par d'autres personnes du service, dans le cadre d'une surcharge de travail, vous êtes aidés par d'autres personnes extérieures, lorsque vous rencontrez des difficultés avec le public, vous vous débrouillez avec les collègues. 2) l'Aide par les supérieurs hiérarchiques (Q2 ; Q48), exemple : dans le cadre d'une surcharge de travail, vous êtes aidés par vos supérieurs hiérarchiques, lorsque vous rencontrez des difficultés avec le public, vous faites appel à un supérieur hiérarchique. 3) Contact avec le public (Q18 ; Q28 ; Q34), exemple : dans le cadre de mon travail, je suis en contact permanent et direct avec le public, dans le cadre de mon travail, je suis parfois en contact direct avec le public, dans le cadre de mon travail, je ne suis jamais ou presque en contact direct avec le public. 4) Absence d'aide (Q38) exemple : lorsque vous rencontrez des difficultés avec le public, vous vous débrouillez seul.

L'avant dernière dimension est centrée sur le changement organisationnel et informatisation, cinq sous-échelles la composent ; 1) le temps d'activité (Q3 ; Q7 ; Q11), exemple : il vous arrive de travailler fréquemment au-delà de la durée habituelle, il vous arrive de travailler occasionnellement au-delà de la durée habituelle, il vous arrive de travailler jamais ou presque au-delà de la durée habituelle. 2) gratification (Q15) exemple : lorsque vous travaillez occasionnellement ou fréquemment au-delà, vous disposez d'une compensation en salaire ou en repos? 3) informatisation des horaires (Q19 ; Q21 ; Q22), exemple : vos horaires de travail sont établis par l'établissement sans possibilité de modification, lorsque vos horaires de travail sont établis, vous pouvez les choisir parmi plusieurs, vos horaires de travail, vous pouvez les faire établir par vous-même, 4) intervention hors du temps de travail, (Q26 ; Q30 ; Q31), exemple : vos astreintes, vous les effectuez fréquemment, vos astreintes, vous les effectuez occasionnellement, vos astreintes, vous ne les effectuez jamais ou presque. 5) la variabilité de planning (Q32 ; Q35 ; Q39 ; Q43 ; Q44 ; Q45 ; Q49 ; Q51 ; Q52), exemple : dans votre service, vous devez travailler le dimanche, dans votre service, vous devez travailler la nuit, dans votre service, vous devez fréquemment travailler le dimanche, dans votre service, vous devez occasionnellement travailler le dimanche, etc.

La dernière dimension est liée aux contraintes de rythme et pointes d'activités, deux sous-échelles la composent, divisée en treize items. 1) contraintes de rythme (Q4 ; Q8 ; Q12 ; Q16 ; Q20 ; Q23 ; Q24 ; Q25), exemple : le rythme de travail est imposé par des demandes internes exigeant une réponse immédiate, le rythme de travail est imposé par des demandes externes exigeant une réponse immédiate, le rythme de travail est imposé par des délais de productions de maximum une journée, le rythme de travail est imposé par des collègues, depuis 6 ans les contraintes de rythme de travail se sont allégées, depuis 6 ans les contraintes de rythme de travail se sont accentuées, depuis 6 ans les contraintes de rythme de travail sont restées stables, depuis 6 ans pas de contraintes de rythme de travail décalées. 2) pointes d'activités (Q29 ; Q36 ; Q40 ; Q46 ; Q50), exemple : vous faites face à des pointes d'activités tous les jours, vous faites face à des pointes d'activités au moins une fois par semaine, vous faites face à des pointes d'activités au moins une fois par mois, vous ne faites jamais ou presque face à des pointes d'activités, vous ne pouvez pas interrompre momentanément le travail.

2.4 ANALYSE DES DONNÉES

La structure du questionnaire en sous-échelle a été évaluée par une analyse en composante principale de type analyse factorielle. Il a été question dans un premier temps de vérifier empiriquement la structure en 4 dimensions (collectif de travail, l'entraide au travail, le changement organisationnel et informationnel et contraintes de rythme et pointes d'activités) au lieu de 5 comme cela est stipulé dans le questionnaire initial élaboré par l'ANAP. Cette première analyse a pour objectif de dégager éventuellement les items qui se regrouperaient sous l'échelle attendue. Dans un second temps, nous avons analysé chaque dimension de façon indépendante afin de voir si nous obtenons également les sous dimensions présentées plus haut. Après avoir vérifié la cohérence interne de chaque sous-échelle, nous avons évalué leurs inter-corrélations. Ensuite, les statistiques descriptives des scores obtenus à chaque échelle et sous-échelle sur l'échantillon total ont été réalisées en montrant les différences selon les classes d'âge et le sexe. La fiabilité test-retest a été évaluée en tenant compte des corrélations entre les scores obtenus par le même personnel hospitalier après une période de 2 mois et demi (juin à mi-août 2014).

3 RESULTATS

3.1 STRUCTURE FACTORIELLE

Le tableau 1 présente les résultats des analyses factorielles en composante principale réalisées à partir de 52 items de l'échelle. Ces résultats de saturation ont été obtenus à l'aide d'une rotation varimax, la totalité des items se regroupe sous les 4 facteurs attendus et les saturations des items varient entre $r=.30$ à $r=.89$. Les coefficients alpha de Cronbach de chaque dimension ($\alpha=.84$, moy=25, 59 ; E.T=5,49 ; pourcentage de validation=99,5% pour le collectif de travail, $\alpha=.92$; moy=29,57 ; E.T=5, 27 ; pourcentage de validation 99,8% pour l'entraide au travail, $\alpha=.73$; moy=45,18 ; E.T=10,34 ; pourcentage de validation= 99,5% pour le changement organisationnel et informationnel, $\alpha=.79$; moy=29,16 ; E.T=6,19 ; pourcentage de validation 100% pour les contraintes de rythme et pointes d'activités) sont très satisfaisants et démontrent d'une très grande cohérence interne de chaque dimension. Les corrélations entre les dimensions du questionnaire sont pratiquement significatives (cf tableau 3), ce qui montre une certaine dépendance entre ces dimensions constitutives du questionnaire. Avec un $KMO=.73$, $p<.005$, le test de sphéricité $\chi^2=7607.883$; $df=1378$, $p<.000$, ce qui indique l'existence d'une solution factorielle statistiquement acceptable qui représente les relations entre les variables. Parallèlement, nous avons effectué des analyses factorielles sur les sous-échelles de chaque dimension de façon indépendante, afin de mettre en exergue la prégnance décrite plus haut lors de la présentation de chaque dimension du questionnaire ainsi que ces sous-échelles. Les tableaux 2 et 3 montrent la répartition des items en 3 ou 4 sous-échelles pour chacune des dimensions du questionnaire sur l'organisation du travail en milieu hospitalier. Au final, pour le collectif de travail, l'entraide au travail, le changement organisationnel et informationnel, les contraintes de rythme et pointes d'activités nous retrouvons pratiquement la même configuration dégagée par les auteurs de cet outil. Compte tenu de la répartition des items, la dénomination des facteurs s'est faite en tenant compte de l'idée dégagée par chaque item, dans cette optique 3 à 4 sous-échelles ont été retenues dans chaque dimension, et la cohérence conceptuelle de chaque sous-échelle est satisfaisante.

Tableau 1. Analyse factorielle du Questionnaire d'Organisation du Travail en Milieu Hospitalier

Items en fonction des dimensions du questionnaire	Facteur 1	Facteur 2	Facteur 3	Facteur 4
Q1 Vous travaillez régulièrement avec votre supérieur hiérarchique	.51*	-0.06		
Q5 Vous travaillez régulièrement avec des collègues du même sexe	.34*	0.03		
Q9 Vous travaillez régulièrement avec des collègues extérieurs au service	.46*	-0.11		
Q13 Vous travaillez régulièrement avec des personnes extérieures à l'établissement	.30*			
Q17 Vous travaillez avec des collègues tout le temps	.45*		-0.09	
Q27 Vous travaillez avec des collègues au moins un quart du temps	.30*		0.13	
Q33 Vous travaillez avec des collègues moins d'un quart du temps	.30*		0.12	
Q37 Vous travaillez avec des supérieurs hiérarchiques tout le temps	.38*		-0.01	
Q41 Vous travaillez avec des supérieurs hiérarchiques au moins un quart du temps	.32*			
Q47 Vous travaillez avec des supérieurs hiérarchiques moins d'un quart du temps	.33*			
Q2 Dans le cadre d'une surcharge de travail, vous êtes aidés par vos supérieurs hiérarchiques		.30*		
Q6 Dans le cadre d'une surcharge de travail, vous êtes aidés par vos collègues		.30*		
Q10 Dans le cadre d'une surcharge de travail, vous êtes aidés par d'autres personnes du service		.38*	-0.01	
Q14 Dans le cadre d'une surcharge de travail, vous êtes aidés par d'autres personnes extérieures		.42*	0.03	
Q18 Dans le cadre de mon travail je suis en contact permanent et direct avec le public		.51*	0.07	
Q28 Dans le cadre de mon travail je suis parfois en contact direct avec le public		.38*	0.13	

Q34 Dans le cadre de mon travail je ne suis jamais ou presque en contact direct avec le public		.40*	-0.02
Q38 Lorsque vous rencontrez des difficultés avec le public vous vous débrouillez seul		.41*	0.08
Q42 Lorsque vous rencontrez des difficultés avec le public vous vous débrouillez avec les collègues		.38*	0.18
Q48 Lorsque vous rencontrez des difficultés avec le public vous faites appel à un supérieur hiérarchique		.41*	0.06
Q3 Il vous arrive de travailler fréquemment au-delà de la durée habituelle		.60*	0.02
Q7 Il vous arrive de travailler occasionnellement au-delà de la durée habituelle		.67*	0.21
Q11 Il vous arrive de travailler jamais ou presque au-delà de la durée habituelle		.75*	0.02
Q15 Lorsque vous travaillez occasionnellement ou fréquemment au-delà, vous disposez d'une compensation en salaire ou en repos		.89*	0.21
Q19 Vos horaires de travail sont établis par l'établissement sans possibilité de modification		.69*	-0.27
Q21 Lorsque vos horaires de travail sont établis, vous pouvez les choisir parmi plusieurs	-0.06	.71*	0.02
Q22 vos horaires de travail, vous pouvez les faire établir par vous même	0.03	.44*	-0.25
Q26 Vos astreintes, vous les effectuez fréquemment	-0.11	.40*	-0.00
Q30 Vos astreintes, vous les effectuez occasionnellement	-0.09	.39*	
Q31 Vos astreintes, vous ne les effectuez jamais ou presque	0.13	.48*	
Q32 Dans votre service, vous devez travailler le dimanche	0.12	.47*	
Q33 Dans votre service, vous devez travailler le samedi		.40*	
Q39 Dans votre service, vous devez travailler la nuit		.40*	
Q43 Dans votre service, vous devez fréquemment travailler le dimanche		.41*	
Q44 Dans votre service, vous devez fréquemment travailler le samedi	0.21	.46*	
Q45 Dans votre service, vous devez fréquemment travailler la nuit	-0.27	.30*	
Q49 Dans votre service, vous devez occasionnellement travailler le dimanche	0.03	.38*	
Q51 Dans votre service, vous devez occasionnellement travailler le samedi		.51*	
Q52 Dans votre service, vous devez occasionnellement travailler la nuit		.39*	
Q4 Le rythme de travail est imposé par des demandes internes exigeantes une réponse immédiate*			.60*
Q8 Le rythme d*e travail est imposé par des demandes externes exigeantes une réponse immédiate	0.02		.54*
Q12 Le rythme de travail est imposé par des délais de production de maximum une journée	0.25		.52*
Q16 Le rythme de travail est imposé par des collègues	0.00		.48*
Q20 Depuis 6 ans les contraintes de rythme de travail se sont allégées	0.05	0.18	.47*
Q23 Depuis 6 ans les contraintes de rythme de travail se sont accentuées	0.25	0.06	.52*
Q24 Depuis 6 ans les contraintes de rythme de travail sont restées stables	0.31	-0.14	.45*
Q25 Depuis 6 ans pas des contraintes de rythme de travail déclarées	-0.03	0.02	.32*
Q29 Vous faites face à des pointes d'activités tous les jours	0.84		.46*
Q36 Vous faites face à des pointes d'activités au moins une fois par semaine	0.14		.61*
Q40 Vous faites face à des pointes d'activités au moins une fois par mois	-0.16		.60*
Q46 Vous ne faites jamais ou presque face à des pointes d'activités	0.05		.58*
Q50 Vous ne pouvez pas interrompre momentanément le travail	0/09		.54*

*corrélation significative à .05

3.2 QUALITÉS PSYCHOMÉTRIQUES DU QUESTIONNAIRE

Fidélité (homogénéité) et structure factorielle de l'échelle

Tableau 2. *Corrélations entre un item et le total r de l'échelle de rattachement du collectif de travail (C.T)*

Collectif de travail (C.T)	
Items	r
Q1	.293
Q5	.526
Q9	.613
Q13	.309
Q17	.607
Q27	.533
Q33	.225
Q37	.264
Q41	.162
Q47	.117
Nbre items	10
Moy	25.59
E.T	5.49
α	.88

Tableau 3. *Corrélations entre un item et le total r de l'échelle de rattachement de l'entraide au travail (E.T)*

Collectif de travail (E.T)	
Items	r
Q2	.226
Q6	.367
Q10	.453
Q14	.222
Q18	.395
Q28	.316
Q34	.224
Q38	.158
Q42	.324
Q48	.185
Nbre items	11
Moy	29.57
E.T	5.27
α	.94

Tableau 4. *Corrélations entre un item et le total r de l'échelle de rattachement du changement organisationnel et Informationnel (C.O.I)*

Changement organisationnel et informationnel (C.O.I)	
Items	r
Q3	.331
Q7	.613
Q11	.239
Q15	.626
Q19	.310
Q21	.381
Q22	.518
Q26	.343
Q30	.560
Q31	.254
Q32	.627
Q35	.313
Q39	.290
Q43	.520
Q44	.318
Q45	.213
Q49	.118
Q51	.241
Nbre items	18
Moy	45.18
E.T	10.34
α	.79

Tableau 5. *Corrélations entre un item et le total r de l'échelle de rattachement des contraintes de rythme et pointe d'activités (C.R.C.A)*

Contraintes de rythme et pointe d'activités (C.R.C.A)	
Items	r
Q4	.369
Q8	.448
Q12	.256
Q16	.472
Q20	.364
Q23	.577
Q24	.435
Q25	.322
Q29	.468
Q36	.559
Q40	.471
Q46	.386
Q50	.268
Nbre items	13
Moy	29.16
E.T	6.18
α	.97

L'alpha de Cronbach donne une estimation de la fiabilité en calculant la corrélation de l'ensemble des items du test à un autre échantillon d'items similaires provenant du même ensemble d'items. Plus ce coefficient est élevé, plus la fiabilité est grande et plus l'erreur de mesure est petite. La règle de décision est d'avoir un alpha qui soit compris entre 0.7 et 0.9 [28]. Un

coefficient faible indique que l'échantillon d'items ne capture pas correctement le construit, par contre, un alpha supérieur à 0.6 peut être acceptable dans le cas du développement d'échelle [29]; [30]. Les indices obtenus au niveau des quatre dimensions ($\alpha=.88$; $\alpha=.94$; $\alpha=.79$; $\alpha=.97$) de notre échelle sont satisfaisants comme indiqué dans les tableaux 2 et 3.

Les corrélations entre un item et l'échelle dont il est censé relever varient de $r=.11$ à $.61$ pour le collectif de travail, de $r=.15$ à $.45$ (voir tableau 2), pour l'entraide au travail, de $r=.11$ à $.62$ pour le changement organisationnel et informationnel et de $r=.25$ à $.57$ pour les contraintes de rythme et pointes d'activité (voir tableau 3). L'absence d'équilibre d'items entre les dimensions n'affecte en rien la configuration générale des dimensions, non plus à un moindre les fidélités de ces dimensions appréciées par l'indice du coefficient α de Cronbach. Chaque dimension enregistre des caractéristiques appréciables soit un $\alpha=.88$ pour le collectif de travail, avec une moyenne de 25.59 ; E.T=5.49 pour 10 items, $\alpha=.94$ pour l'entraide au travail, avec une moyenne de 29.57 ; E.T=5.27 pour 11 items, $\alpha=.79$ pour le changement organisationnel et informationnel, avec une moyenne de 45.18 ; E.T=10.34 pour 19 items et enfin $\alpha=.97$ pour les contraintes de rythme et pointes d'activité, avec une moyenne de 29.16 ; E.T=6.18 pour 13 items. Ces informations donnent une bonne qualité de la mesure.

3.3 L'ANALYSE FACTORIELLE CONFIRMATOIRE

L'analyse confirmatoire a permis de tester le bon ajustement de l'échelle, la réalisation des différentes analyses confirmatoires s'est faite à partir du logiciel AMOS 4.00. Il s'agit de confronter aux données collectées des hypothèses sur la structure des relations entre les items et les variables latentes. L'application de cette analyse s'est appuyée sur les recommandations en cinq phases de [31]. Ainsi, l'objectif étant de tester l'appartenance des items aux quatre facteurs supposés, sans déterminer *a priori* des liens entre ces derniers ; les corrélations entre les variables latentes ne sont donc pas imposées dans le modèle testé ici. Les résultats de l'analyse donnent des scores satisfaisants qui confirment la présence des facteurs testés : $\chi^2/dl(594) = 2.99$. Dans l'ensemble, les résultats sont acceptables, on peut constater que les indicateurs sont bons et respectent les seuils tolérés par la littérature. Lorsque nous prenons l'AGFI, les corrélations se situent toutes au-dessus de ($r = .90$), sauf au niveau des changements organisationnels et informationnel où nous pouvons constater un léger « relâchement » ($r = .82$). A contrario, les GFI enregistrent toutes des corrélations au-dessus de ($r = .90$) et la valeur du RMSEA est inférieure à $.08$. De façon globale, nous pouvons dire que les deux coefficients sont satisfaisants (χ^2/dl et $RMSEA$), on constate qu'une valeur de l'AGFI donne un score légèrement inférieur aux seuils traditionnellement utilisés. Ceci s'explique par une structure qui possède bien quatre dimensions (collectif de travail, entraide au travail, changements organisationnel et informationnel, contraintes de rythme et pointes d'activités), mais dont la répartition des items autour de la circonférence n'est pas absolument régulière.

3.4 VALIDITÉ INTERNE OU CONCORRANTE

S'agissant de la validité interne, la procédure a été strictement classique ; une analyse en composante principale avec rotation varimax a été pratiquée, d'après le graphique des valeurs propres, quatre facteurs ont été retenus, ce qui explique 39.51% de la variance totale des items. On ne peut interpréter ces facteurs, en ne considérant que les saturations à partir de $r=.30$, comme cela est observable au niveau du tableau 1 de l'analyse factorielle des items. Les quatre dimensions retenues dans ce questionnaire correspondent bien à l'organisation du travail en milieu hospitalier ; le premier facteur qui explique 15.11% de la variance, sature les 10 items du collectif de travail ; 4 items saturent au-dessus de $r=.30$. Le second facteur explique 10.79% de la variance, sature les 10 items de l'entraide au travail, 4 items saturent autour de $r=.40$; 1 seul item sature au-dessus de $r=.50$, tandis que le reste gravite autour de $r=.30$. Le troisième et le quatrième facteur expliquent tour à tour 8.47% et 5.14% de la variance, sur 18 items qui composent le facteur 3, 7 items saturent au-dessus de $r=.50$, tandis que le reste sature entre $r=.30$ et $.40$. Au niveau du facteur 4, toutes les corrélations saturent au-dessus de $r=.40$.

3.5 VALIDITÉ EXTERNE : LES DIFFÉRENCES LIÉES À L'ÂGE ET AU SEXE

Tableau 6. Validité externe au niveau des différences inter-classes d'âges

dimensions	-30ans	30-35ans	35-40ans	40et +	t	p	Interv.	diff.moy	diff. E.T
Collectif.Travail	2.23	1.95	3.35	3.82	3.1	.002	1.04/4.69	0.287	0.092
Entraide.Travail	2.23	2.17	0.65	5.25	0.83	.40	0.86/7.21	0.063	0.076
Chgt Orgnelle. Inform.	1.96	1.90	0.59	7.43	0.53	.59	0.16/8.28	0.061	0.115
CRPA	1.81	1.77	0.64	7.28	0.44	.67	0.12/8.20	0.356	0.083

De cette analyse, il ressort que la perception d'une éventuelle différence entre les sous-dimensions de ce questionnaire n'est perceptible qu'au niveau du collectif de travail, par rapport aux tranches d'âge retenues, le personnel âgé de plus de 35 ans et plus expriment une perception plus accentuée du collectif de travail (moy=3.35 et moy=3.82, $t=3.1$; $p<.002$) que leurs collègues moins âgés (moy=2.23 ; moy=1.95). Cette observation peut être interprétée comme étant le fait pour ce personnel plus âgés, d'avoir travaillé assez longtemps ensemble, dans cette optique, les équipes de travail se consolident et à part ce sentiment d'appartenance qui anime ces membres, il y a également le développement du sentiment de confiance et de complicité. A contrario, aucune différence (statistiquement significative) n'est perceptible au niveau de l'entraide au travail ($t=0.83$; $p<.40$), du changement organisationnel et informationnel ($t=0.53$; $p<.59$) et des contraintes de rythme et pointes d'activité ($t=0.44$; $p<.67$).

Tableau 7. Validité externe au niveau des différences inter sexe (mean values « and standard-deviations » according to gender)

Dimensions	Femmes		Masculins		T	p	Int.+95% -95%	Diff.moy.	Diff. E.T
	Moy.	E.T	Moy.	E.T					
Coll.Trav.	2.05	0.59	2.10	0.63	-1.08	.27	-0.16/-0.04	-0.057	0.052
Entr. Trav.	2.17	0.56	2.29	0.54	-2.48	.01	-0.21/-0.02	-0.117	0.047
Chgt. Org. I	1.90	0.57	1.81	0.64	1.29	.19	-0.43/0.21	0.083	0.644
Cont.ryth.	1.85	0.55	1.75	0.55	2.08	.03	0.005/0.186	0.096	0.0461

Coll. Trav : collectif de travail ; **Entr. Trav :** entraide au travail ; **Chgt. Org :** changement organisationnel et informationnel ; **Cont. Ryth :** contraintes de rythme et pointe d'activités

La perception globale des dimensions du questionnaire d'organisation du travail en milieu hospitalier ne présente aucune différence au niveau du collectif de travail ($t(596)=-1.08$; $p<.27$ n.s) entre le personnel masculin et féminin (moy=2.05 vs moy=2.10). Ce résultat s'explique par le fait que le travail en équipe est une tradition qui remonte assez loin dans l'organisation des soins, et la dynamique qui unit les membres d'une équipe possède, elle aussi, des caractéristiques qui lui sont propres. Dans l'esprit de ce type d'organisations, les participants partagent un but commun et la convergence de leurs efforts donne à leur travail sa cohérence et ressentent un sentiment d'appartenance. Cette absence de différence est également perceptible au niveau du changement organisationnel et informatisationnel ($t(594)=1.29$; $p<.19$ n.s), bien que l'écart soit observable, elle n'est point significative (moy=1.90 vs moy=1.81) entre le personnel masculin et féminin de ces structures hospitalières. Ici, il faut souligner que les nouvelles réformes du système hospitalier laissent indifférents le personnel, pour l'unique raison qu'ils ne sont que des simples exécutants des changements auxquels ils ne sont parfois pas associés.

Tableau 8. Corrélations entre échelles (validité structurante et concourante)

Dimensions	moyennes	Ecart-type	1	2	3	4
Coll. Travail	2.08	0.62	1			
Entr. Travail	2.24	0.55	.323*	1		
Chgt Org.inf.	1.84	0.61	.142*	.228*	1	
Con. Ryt.	1.79	0.54	.213*	.109**	.216**	1

*corrélations significatives à 0.05 **corrélations significatives à 0.01

Coll. Trav : collectif de travail ; **Entr. Trav :** entraide au travail ; **Chgt. Org :** changement organisationnel et informationnel ; **Cont. Ryth :** contraintes de rythme et pointe d'activités

Soulignons que l'analyse factorielle de ce questionnaire appliqué dans les mêmes conditions quelque temps après menait également à une solution à quatre facteurs obliques. Les corrélations entre les facteurs qui figurent au tableau 3 ci-dessus indiquent que tous les facteurs (collectif de travail vs entraide au travail ; $r=.32$; $p<.000$; avec le changement organisationnel et informationnel, $r=.14$; $p<.000$ et avec les contraintes de rythme et pointes d'activité, $r=.21$. $P<.000$) sont en corrélations positives et comparables à celles obtenues lors de la première phase de passation. Ces résultats ne sont pas étonnant, parce qu'ils font comprendre que la répartition du travail en milieu hospitalier est devenue nécessaire de nos jours en raison de la complexité des protocoles et des techniques en matière d'organisation du travail infirmier. Bien que les aspects émotifs n'ont pas été mentionnés ici, notons quand même qu'ils sont liés au climat prévalent dans l'équipe, au sentiment de liberté d'être soi, que ressent chacun des membres, à l'atmosphère d'ordre et de recherche du « bien faire », à la poursuite d'un idéal de soins semblable qui est partagé par les soignantes. Savoir que les autres possèdent une manière identique de voir le travail

professionnel, de considérer les malades et de s'engager auprès d'eux, c'est cela la qualité du travail bien fait et le sentiment d'appartenance à une structure, à un service et à un collectif. De façon globale, nous pouvons conclure à une bonne validité factorielle de ce questionnaire.

4 DISCUSSION

Les résultats obtenus dans cette étude de validation de ce questionnaire montrent à suffisance que l'outil répond aux principales exigences psychométriques : cohérence interne, validité factorielle, validité concourante et les analyses confirmatoires. Toutefois, il faut rappeler que les résultats obtenus lors des passations concordent de près, bien qu'aucune étude mettant en exergue l'utilisation de ce questionnaire n'a été répertoriée dans la littérature. La prise en compte des variables telles que le sexe et l'âge du personnel, les différents services et un nombre conséquent d'établissements hospitaliers, donne un maximum de crédibilité quant à la généralisation des résultats.

Les corrélations relativement faibles, bien que significatives, enregistrées entre les quatre dimensions du questionnaire soulignent qu'elles sont indépendantes et qu'elles représentent bien des éléments rentrant dans la compréhension de l'organisation du travail en milieu hospitalier auprès dudit personnel. Concernant ce questionnaire, les résultats de la cohérence interne et de la validité factorielle présentés ci-dessus montrent bien que les quatre dimensions mesurent réellement ce pourquoi elles ont été élaborées, et la part de variance totale expliquée ($R^2=39.11\%$) en témoigne.

Au regard des indices de fiabilité de ce questionnaire, notons que les résultats obtenus au niveau de la cohérence interne sont d'un niveau acceptable au niveau des quatre dimensions ($\alpha=.88 ; .94 ; .79 ; .97$), donnant une perception globale satisfaisante. De plus les corrélations pour le test-retest ($r=.80 ; .87 ; .91 ; .89$) apparaissent adéquates entre la première et la seconde phase de passation du questionnaire auprès du personnels hospitaliers. Au niveau de la validité, les résultats sont plus qu'encourageants, c'est-à-dire que les résultats enregistrés lors de l'analyse factorielle confirmatoire indique et confirme la structure quadra-dimensionnelle de l'instrument et les corrélations entre les items et les dimensions de l'instrument qui montrent une réelle appartenance.

Dans l'ensemble, ces premiers résultats supportent la fiabilité et la validité du questionnaire et doivent être perçus comme préliminaires puis qu'aucune étude dans la littérature ne fait mention de l'application de cet outil. Dans ce contexte, cela ne pose aucun problème de généralisation et ces résultats doivent être interprétés sans réserve. Cela doit ouvrir une brèche pour des recherches ultérieures, qui semblent nécessaires pour évaluer de façon supplémentaire les qualités psychométriques de cet outil. Par contre, il serait intéressant de vérifier la validité de construit de ce questionnaire à l'aide des différentes méthodes expérimentales sur le terrain.

5 CONCLUSION

En conclusion, le questionnaire sur l'organisation du travail en milieu hospitalier, démontre des propriétés psychométriques qui pourraient en faire un outil pertinent pour des recherches ultérieures. par exemple dans le lien entre l'environnement de travail du personnel hospitalier et la santé psychologique au travail, entre l'environnement de travail et l'interface vie travail/ vie hors travail, entre l'environnement de travail hospitalier et la citoyenneté organisationnelle du personnel hospitalier, etc. Grâce à sa facilité de compréhension et d'auto-passation, ce questionnaire apparait comme l'instrument qui étudie dans sa globalité (en prenant en compte quatre aspects du milieu hospitalier) les caractéristiques du travail du personnel soignant et non soignant, dans un environnement hostile de par les risques encourus par ledit personnel, les violences de tout genre subies et autres travers.

6 REFERENCES

- [1] C. Guillevic, *Psychologie du travail*, Paris, Nathan, 1991.
- [2] F. W. Taylor, *Principes d'organisation scientifique du travail*,. Paris,: Dunod, 1911.
- [3] H. Fayol, *Administration industrielle et générale*. Paris: Dunod, 1918.
- [4] A. Desreumaux, "Nouvelles formes d'organisations et évolution de l'entreprise". *Revue française de gestion* , pp.86-108. 1996.
- [5] R. E. Cyert and J.G. March, *A behavior theory of the firm*. nglewood Cliffs: Prentice Hall. 1963.
- [6] D. Katz and R.L. Kahn, *The social psychology of organizations*. N.Y. Wiley, 1966. Second edition, 1978.
- [7] H. Savall, *Enrichir le travail humain: l'évaluation économique*. Paris: Dunod, 1975

- [8] H. Savall, *York and people: an economic evaluation of job enrichment*. New York: University Press New York, 1981.
- [9] J. Pfeffer, and G. R. Salancik, *The external control of organizations: A resource dependence perspective*. New York: Harper and Row, 1978.
- [10] M. T. Hannan. and J. Freeman, "The population ecology of organizations." *American Journal of Sociology*, vol. 82, no.9, pp.29-64, 1977.
- [11] A. Guilhon, *Vers une nouvelle définition de la PME à partir du concept de contrôlabilité*. In O. Torrès (Ed.), *PME: les nouvelles approches*, Paris: Economica, pp. 55-67, 1998.
- [12] T. Hafsi and B. Fabi, *Les fondements du changement stratégique*. Montréal, Les Éditions Transcontinental, 1997.
- [13] M. D. Cohen, J.G. March and J.P. Olsen, "A garbage can model of organizational choice". *Administrative Science Quarterly*, vol. 17, pp. 1-25, 1972.
- [14] A. Pettigrew, "Context and Action in the Transformation of the Firm", *Journal of Management Studies*, vol. 24, no. 6, , pp. 649-670, 1987.
- [15] P. R. Lawrence and J. Lorsch, *Organization and Environment*, Harvard University. Boston, 1967
- [16] S. Aoki , *Le modèle japonais: le modèle J*, *Problèmes économiques*, no. 2225, pp. 1-14, 1991
- [17] F. Piotet, M. Correia, C. Lattès and J. Vincent, *Le développement de la syndicalisation à la CFDT*, IRES-CESTE, 1993.
- [18] F. Moatty, "Les communications de travail : comment et avec qui ?", Noisy-le-Grand, *Centre d'études de l'emploi , La Lettre*, n° 39, p. 10, 1995.
- [19] P. Naville, *Division du travail et répartition des tâches*, In Georges F. et Pierre N. (Eds.), *Traité de sociologie du travail*, Paris, Armand Colin, tome 1, pp. 371-386, 1961.
- [20] M. Gollac and S. Volkoff, *Les conditions de travail*, Paris, La Découverte, 2000.
- [21] N. Dodier, *Les Hommes et les Machines : La conscience collective dans les sociétés technicisées*,. Paris, Métailié, 1995
- [22] M. Phaneuf, *Mécanismes de défense et d'adaptation et interventions infirmières*. Portugal,: Université d'Évora, 2005.
- [23] M. Belanger, *L'Anse-aux-Moyacs en Minganie de l'Ouest; les Paspéias du bout de la route*. Université de Montréal.: Thèse de doctorat en anthropologie. 1994.
- [24] E. Bower, *La promotion du fonctionnement humain: un guide pour l'idéaliste pragmatique*, In J. H. Saucier (Ed.), *Prévention psychosociale pour l'enfant et l'adolescent*, Montréal, Presse Universitaire de Montréal, pp. p315-365, . 1990.
- [25] R. E. Quinn and K. Cameron, "Organizational Life Cycles and Shifting Criteria of Effectiveness: Some Preliminary Evidence," *Management Sci.*, vol. 29, no. 1, pp. 33-51. 22.1983.
- [26] K. Lewin, *Psychologie dynamique*. Paris, Presse Universitaire de France, 2e édition. 1964.
- [27] Fondation Canadienne de la Recherche sur les Services de Santé, *Envisager l'avenir et travailler de concert : les grands enjeux du leadership dans le domaine des services infirmiers au Canada*. (2006).
- [28] P. Kline, *Personality: the psychometric view*, London, Routledge, 1993.
- [29] Y. Evrard, B. Pras and E. Roux, *Market: Etudes et recherches en marketing*. Paris: Dunod, 2000.
- [30] J. Nunnally, *Psychometric Methods*, New York, Mac Graw-Hill, 1967.
- [31] K. A. Bollen and J. S. Long, *Introduction*, In: Bollen, K. A. and Long, J. S. (Eds) *Testing Structural Equation Models*, Sage, Beverly Hills, CA, pp. 1-9, 1993.

DETERMINATION OF PROTONATION AND METHYLATION SITES OF NEUTRAL MAKALUVAMINES, RELATIVE STABILITY AND REACTIVITY POTENTIAL OF THE CHARGED FORMS

Sékou DIOMANDÉ, Affoué Lucie BÉDÉ, Soleymane KONÉ, and El-Hadji Sawaliho BAMBA

Laboratoire de Chimie Organique et de Substances Naturelles de l'UFR SSMT, Université Félix Houphouët Boigny, 22 BP 582, Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Real public health problem, cancer is one of the pathologies that mobilize the entire scientific community. The conception of effective drugs against this pathology has become a challenge for all actors in research.

Some molecules such as makaluvamines have shown important anticancer properties. These molecules belong to the family of alkaloids generally active in charged forms. The purpose of our work is to determine the protonation or methylation sites, relative stability and reactivity potential of some makaluvamines by a quantum chemistry method.

B3LYP/6-311++G(d,p) theory level is used for all the calculations done. Firstly, we have estimated the gas phase basicity (GB) and proton affinity (PA) for the different heteroatoms of the molecules. Secondly, electronic energies, enthalpies of formation and free enthalpies of formation calculation permitted us to deduce the relative stability of the different forms of studied makaluvamines. Thirdly, Fukui functions, chemical softness and hardness, chemical potential and electrophilia index calculation lead us to the analysis of the reactivity.

The results obtained permit us to identify the preferred site of protonation / methylation, to show that the charged forms are more stable and more reactive than the neutral forms.

KEYWORDS: Makaluvamine, gas phase basicity (GB), proton affinity (PA), reactivity and quantum chemistry.

1 INTRODUCTION

Cancer is a growing pathology. This fact can be explained by the various types of pollution associated with new technologies and various risk factors such as alcohol or tobacco [1,2]. This pathology has become a challenge for both the physician and the chemist. Research to develop molecules to treat cancer has increased. The implementation of syntheses of new active molecules opened the way to the realization of screening. It sometimes happens to discover an equally active molecule that has lesser side effects [3]. Several molecules such as carbazoles and pyrroloiminoquinones, all of the large alkaloid family, have shown anticancer activities [4,5]. Makaluvamines belong to the family of pyrroloiminoquinone alkaloids. They have been the subject of several studies for their anti-cancer properties. That gives them an important class of marine metabolites isolated in most sponges of the genus *zyzzya* [6-9]. Experimental work has shown significant anti-cancer activity and strong inhibition of topoisomerase II [10,11].

The research work already carried out on these molecules has mainly focused on synthetic routes and the search for biological activities. To our knowledge, these molecules have not been the subject of any structural or biological theoretical study. Alkaloids are generally more active in their charged form(s). In this work, our purpose is:

- to determine the protonation or methylation sites of some makaluvamines,
- to study the stability of the charged shapes with respect to the neutral form,
- to study the reactivity potential of the different forms.

Theoretical calculations are performed in the gas phase at the B3LYP / 6-311 ++ G (d, p) theory level. An analysis of the quantities of basicity and proton affinities is carried out on sites of some selected makaluvamines. We have calculated the electronic energies, the enthalpies of formation, the free enthalpies of formation and deduced the relative stabilities. Reactivity parameters are calculated. These include the $\varepsilon_{\text{HOMO}}$ and $\varepsilon_{\text{LUMO}}$ energies to apply the theory of molecular boundary orbitals, Fukui functions [12], softness, hardness, chemical potential and electrophilia index.

2 STUDIED MAKALUVAMINES AND CALCULATIONS METHODS

2.1 STUDIED MAKALUVAMINES

The makaluvamines listed in the literature and those who have been purpose of this study are in Figure 1.

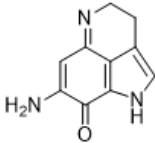
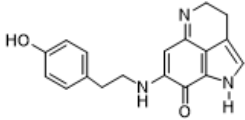
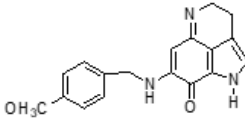
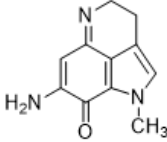
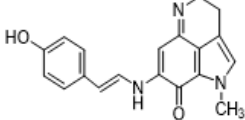
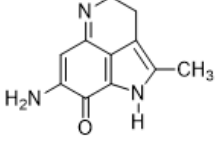
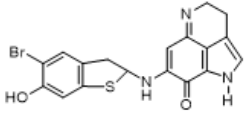
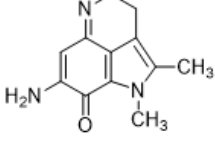
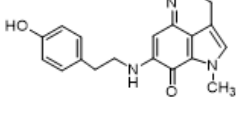
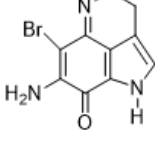
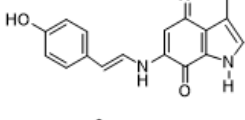
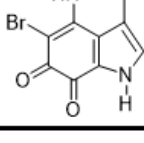
Makaluvamines	Nature / denomination	Makaluvamines	Nature / denomination	Makaluvamines	Nature / denomination
	Neutral / I Methylated / A1		Protonated / D Methylated / J		Methylated / V
	Neutral / A		Protonated / E Methylated / G		
	Neutral / C		Protonated / F		
	Neutral / H		Protonated / K Methylated / P		
	Neutral / N		Methylated / L Protonated / M		
			Neutral / O		

Fig. 1. Structures of makaluvamines listed in the literature and studied

From the molecules of this figure, it appears that the makaluvamines can be in neutral, protonated or methylated form (charged forms) on the pyridine nitrogen. We have therefore considered these three forms. Thus, a makaluvamine X in the literature, is named:

X: neutral form;

XH⁺: protonated form;

X^y: methylated form.

In Figure 2 below, is shown makaluvamine I or 7-amino-2a1, 3, 4, 8a-tetrahydropyrrolo [4,3,2-de] quinoline 8 (1H) -one. It is chosen as the basic molecule.

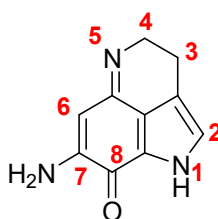


Fig. 2. Makaluvamine I, basic molecule with official numbering

Groups of compounds are formed and based on the skeleton of this compound, so:

Group 1: formed by molecules A, C and H having a methyl substituent on one of the atoms 1 or 2 of the pyrrolic ring (A and C), or both (H).

Group 2 : constituted by makaluvamines D (J), F, M (L) and V. In these compounds, a hydrogen on the amino nitrogen (N₇) is replaced by a substituent with strong electronic conjugation.

Group 3 : it is the makaluvamines E (G) and K (P) which are distinguished by the presence of two substituents. A high electronic conjugation substituent is attached to the amino nitrogen and a methyl to the pyrrolic nitrogen. Each compound in this group contains the characteristics of a group 2 compound and compound A of group 1.

Group 4 : contains the N and O makaluvamines. These compounds are obtained as a result of substitutions on the pyridine ring of the basic structure.

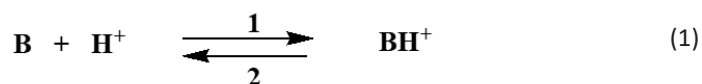
NB: All these groups are defined without taking into account the neutral, protonated or methylated nature of pyridine nitrogen (N₅).

2.2 CALCULATION METHOD : LEVEL OF THEORY

Calculations are made with the software Gaussian 09 [13]. The density functional theory (DFT) [14] is the method used. Earlier theoretical work on the computation of molecular properties has shown that functional hybrids such as B3LYP and others, associated with an extensive base of functions lead to values in good agreement with the experimental results [15]. The level of theory retained for this study is B3LYP / 6-311 ++ G (d, p). For each makaluvamine, the geometry optimization calculation molecular is followed by the calculation of frequencies. Energy, thermodynamic and stability parameters were determined.

2.3 QUANTITIES OF BASICITIES AND PROTON AFFINITIES OF THE STUDIED MAKALUVAMINES

The basic structural skeleton of makaluvamines contains three nitrogens. These are pyridine nitrogen (Nsp²), pyrrolic nitrogen (Nsp³) and amino nitrogen (Nsp³). It seemed to us necessary to evaluate their proton affinities. The determination of proton affinities requires the calculation of enthalpies of formation of the protonated species [16]. The protonation reaction of makaluvamines (B) is shown schematically by equilibrium (1) below:



The variation of any energy parameter X is obtained from the following equation (2);

$$\Delta X = \sum X(\text{product}) - \sum X(\text{reagent}) \quad (2)$$

The proton affinity (PA) is the opposite of the enthalpy variation of the protonation reaction in the direct way (1). It was calculated from equation (3) below :

$$\text{PA} = -\Delta_r H_1 = \Delta_f H(\text{B}) + \Delta_f H(\text{H}^+) - \Delta_f H(\text{BH}^+) \quad (3)$$

The value of the enthalpy of proton formation is a given in the literature [17]. His value is $\Delta_f H(H^+) = + 367.2 \text{ Kcal.mol}^{-1}$.

The basicity (GB), in the gas phase, is the opposite of the variation of free enthalpy in the direct way (1) of the protonation reaction. It is estimated using following equation (4) :

$$GB = - \Delta_r G^\circ_1 = \Delta_r G(B) + \Delta_r G(H^+) - \Delta_r G^\circ(BH^+) \quad (4)$$

The experimental value $\Delta_r G(H^+) = - 6.29 \text{ kcal.mol}^{-1}$ was used for the calculations [18].

2.4 REACTIVITY PARAMETERS

2.4.1 MOLECULAR DESCRIPTORS

The chemical potential μ_{pot} reflects the tendency of the electron cloud to escape from the molecule. This is a global property of the molecular system. This molecular descriptor represents the slope of the total electron energy E function of the number of electrons N . external potential $V(r)$ is kept constant. The chemical potential is also equal to the opposite of the electronegativity χ as defined by Pauling and Mulliken [19-25].

$$\mu_{\text{pot}} = \left(\frac{\partial E}{\partial N} \right)_{V(r)} = -\chi$$

It can be expressed as a function of the ionization potential PI and the electronic affinity AE

$$\mu_{\text{pot}} = - \frac{PI + AE}{2} = -\chi$$

The first derivative of the chemical potential regarding the number of electrons N leads to the hardness η and its inverse the softness S [26-28].

$$\eta = \left(\frac{\partial \mu}{\partial N} \right)_{V(r)} = \left(\frac{\partial^2 E}{\partial N^2} \right)_{V(r)} = \frac{1}{S}$$

According to the theory of acids and bases, developed by Pearson [29], these quantities can be expressed as a function of ionization potentials (PI) and electronic affinity (AE).

$$\eta = \frac{1}{S} = (PI - AE)/2$$

The ionization potential (PI) and the electronic affinity (AE) are simply obtained in the Koopmans approximation [30] according to which:

$$PI = -\epsilon_{\text{HOMO}} \text{ et } AE = -\epsilon_{\text{LUMO}}$$

ϵ_{HOMO} and ϵ_{LUMO} are respectively the energies of the highest occupied orbital (HOMO) and the lowest vacant orbital (LUMO). This is the theory of molecular orbitals boundaries [31].

The electrophilia index ω [32] is a descriptor developed to evaluate the ability of a molecule to promote electron transfer. It is calculated from the following relation:

$$\omega = \frac{\mu^2}{2\eta}$$

2.4.2 DUAL DESCRIPTOR

In 2004, Morell et al. [33,34] proposed a new descriptor for chemical reactivity, named "dual descriptor". It is defined as the difference between the functions of Fukui (f_k^+ et f_k^-) for a nucleophilic and electrophilic attack respectively. The calculation of the dual descriptor is done according to the following equation (5):

$$\Delta f(r) = f_k^+ - f_k^- \cdot 5$$

This new index is called "dual descriptor". It allows to simultaneously detect the electrophilic and nucleophilic regions in the molecule. So, for a particular region of the molecule:

$\Delta f(r) > 0$: indicates an electrophilic region, thus favorable to a nucleophilic attack.

$\Delta f(r) < 0$: indicates a nucleophilic region, thus favorable to an electrophilic attack.

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 QUANTITIES OF BASICITIES AND PROTON AFFINITIES

These two quantities are calculated at the chosen theory level by applying the relations described in 2.2. The denominations of the atoms selected to calculate these parameters are shown in Figure 3 below:

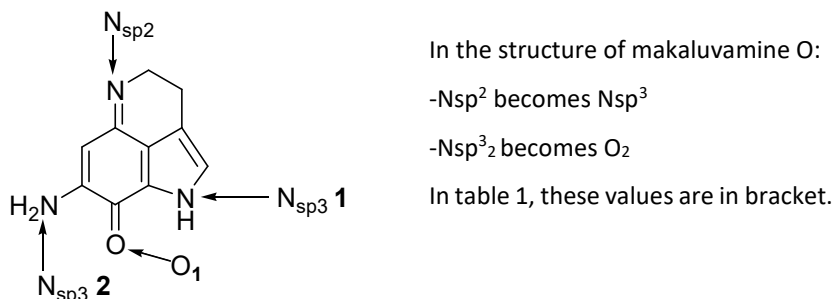


Fig. 3. Designation of the atoms for which the quantities GB and PA are calculated

In Table 1 are grouped the values of the basicity (GB) and proton affinity (PA) quantities.

Table 1. Proton affinities (PA) and gas phase basicities (GB) in kcal.mol⁻¹ calculated for the atoms selected at B3LYP / 6-311 ++ G (d, p)

Molecules	Nsp ² (Nsp ³)		Nsp ³ 1		Nsp ³ 2(O ₂)		O ₁	
	PA	GB	PA	GB	PA	GB	PA	GB
I	612.66	239.31	556.54	183.63	579.33	205.70	582.4	209.26
A	615.64	241.92	561.53	187.69	581.26	207.71	584.81	211.56
C	615.16	241.40	560.34	187.00	581.69	207.90	581.98	209.83
H	617.52	243.88	564.91	191.4	583.47	209.87	587.92	215.03
N	610.37	233.3	553.22	179.86	577.37	203.46	579.38	205.77
O	(560.06)	(192.71)	545.82	172.85	(587.78)	(213.98)	592.88	219.28

The PA and GB quantities both explain the basicity strength of a site in the molecule. For makaluvamines I, A, C, H and N, these two quantities agree on the basicity forces of the sites examined. The decreasing order of basicity in these five makaluvamines is Nsp², O₁, Nsp³₂ and Nsp³₁. These results confirm that pyridine nitrogen (Nsp²) is the priority site for the protonation or methylation of makaluvamines, the basic structure of which is molecule I. In makaluvamine O, calculated PA and GB values show that the order of protonation is O₁, O₂, Nsp³, and Nsp³₁.

3.2 ENERGY QUANTITIES: STABILITIES OF DIFFERENT FORMS OF MAKALUVAMINES

The electronic energies, the formation of enthalpies and the formation of free enthalpies of the neutral and either protonated or methylated forms are reported in Table 2. These values are obtained at the B3LYP / 6-311 ++ G (d, p) gas phase theory at 298.15 K. The relative stability between the neutral form and the protonated form on the one hand, and between the neutral form and the methylated form, on the other hand, is also estimated from these energies.

Table 2. Electronic energies, formation enthalpies ($\Delta_f H$), formation free enthalpies ($\Delta_f G$) and relative stabilities calculated for the selected makaluvamines. These quantities are all expressed in kcal.mol⁻¹

Molecules	E _{elec}	ΔE_{elec}	$\Delta_f H$	$\Delta(\Delta_f H)$	$\Delta_f G$	$\Delta(\Delta_f G)$
I	-392907.50		-392787.54		-392817.52	
IH ⁺	-393162.49	-254.99	-393033.35	-245.81	-393063.12	-245.60
I [•]	-417836.83	-24929.33	-417689.32	-24901.78	-417721.64	-24904.12
Group 1						
A	-417581.09		-417442.76		-417475.54	
AH ⁺	-417838.68	-257.59	-417693.52	-250.76	-417723.75	-248.21
A [•]	-442512.84	-24931.75	-442347.00	-24904.24	-442382.11	-24906.57
C	-417588.81		-417450.58		-417483.56	
CH ⁺	-417845.92	-257.11	-417698.54	-247.96	-417731.24	-247.68
C [•]	-442520.18	-24931.37	-442354.41	-24903.83	-442389.66	-24906.10
H	-442262.02		-442105.37		-442140.21	
HH ⁺	-442521.49	-259.47	-442355.69	-250.32	-442390.38	-250.17
H [•]	-467195.53	-24933.51	-467011.38	-24906.01	-467048.71	-24908.50
Group 2						
D (J)	-634505.12		-634290.98		-634335.74	
DH ⁺ (JH ⁺)	-634764.91	-259.79	-634541.54	-250.56	-634585.42	-249.68
D [•] (J [•])	-659445.32	-24940.20	-659197.29	-24906.31	-659243.48	-24907.74
F	-2498602.54		-2498407.50		-2498451.14	
FH ⁺	-2498867.19	-264.65	-2498661.90	-254.40	-2498708.21	-257.07
F [•]	-2523542.60	-24940.06	-2523318.97	-24911.47	-2523367.78	-24916.64
M (L)	-633731.71		-633534.26		-633573.65	
MH ⁺ (LH ⁺)	-634001.23	-269.52	-633792.94	-258.68	-633835.44	-261.79
M [•] (L [•])	-658675.03	-24943.32	-658448.40	-24914.14	-658493.45	-24919.80
V	-634489.31		-634280.95		-634325.58	
VH ⁺	-634755.82	-266.51	-634532.63	-251.68	-634576.78	-251.20
V [•]	-659429.87	-24940.56	-659188.30	-24907.35	-659234.94	-24909.36
Group 3						
E (G)	-658412.08		-658194.33		-658240.18	
EH ⁺ (GH ⁺)	-658676.78	-264.70	-658450.13	-255.80	-658495.22	-255.04
E [•] (G [•])	-683348.24	-24936.16	-683103.13	-24908.80	-683150.61	-24910.43
K (P)	-659178.66		-658946.12		-658993.44	
KH ⁺ (PH ⁺)	-659440.51	-261.85	-659198.50	-252.38	-659245.29	-251.85
K [•] (P [•])	-684114.79	-24936.13	-683854.65	-24908.53	-683903.53	-24910.09
Group 4						
N	-2007882.86		-2007768.23		-2007801.46	
NH ⁺	-2008135.13	-252.27	-2008011.41	-243.18	-2008044.05	-242.59
N [•]	-2032801.54	-24918.68	-2032659.48	-24891.25	-2032694.15	-24892.69
O	-2020354.59		-2020247.38		-2020280.12	
OH ⁺	-2020583.31	-228.72	-2020467.97	-220.59	-2020500.39	-220.27
O [•]	-2045247.43	-24892.84	-2045113.66	-24866.28	-2045148.79	-24868.67

Enthalpies of formation ($\Delta_f H$) and free enthalpies of formation ($\Delta_f G$) of makaluvamines are all negative. The formation of these molecules is done according to a spontaneous exothermic process. For each structure, our calculations give the electronic energy E_{elec} lower than the free enthalpy of formation $\Delta_f G$ which is also lower than the enthalpy of formation $\Delta_f H$.

Whatever the type of energy considered, makaluvamines are stabilized by protonation. Such a reaction lowers the energy of the makaluvamine molecule globally between 220 and 270 kcal.mol⁻¹. These molecules are even more stable when they are methylated. The methyl radical (CH₃[•]) has a donor inductive effect (+ I). The stability of the methylated structure compared to the neutral makaluvamine is estimated between 24866 and 24944 kcal.mol⁻¹. The lowest decreases in energy are observed at the level of makaluvamine O protonated or methylated on oxygen O₂. The energy decreases from 220.3 kcal.mol⁻¹ to 228.7 kcal.mol⁻¹ for protonation and from 24866.3 kcal.mol⁻¹ to 24892.8 kcal.mol⁻¹ for methylation. Also, when this makaluvamine is

protonated or methylated on pyridine nitrogen, the structures are less stable from about 21.2 kcal.mol⁻¹ to 21.7 kcal.mol⁻¹ and 16.0 kcal.mol⁻¹, 6 kcal.mol⁻¹ respectively.

The comparison of the energies of the neutral (X), protonated (XH⁺) and methylated (X^y) structures of the makaluvamines of each group with those of I, IH⁺ and I^y respectively shows that:

- The energies of the molecules A/C, AH⁺/CH⁺ and A^y/C^y are lower from 24658 kcal.mol⁻¹ to 24684 kcal.mol⁻¹ compared to those I, IH⁺ and I^y respectively. All the energy parameters agree on this result. As for makaluvamine H having two methyl substituents, the energy gap between H, HH⁺ and H^y then their respective analogues I, IH⁺ and I^y is estimated from 49072.0 kcal.mol⁻¹ to 49359.0 kcal.mol⁻¹. This gap corresponds to twice the differences observed for makaluvamines A and C. The presence of methyl substituent (s) on the pyrrolic ring stabilizes the group 1 makaluvamines. These results show that the two methyls jointly contribute to stabilize the different structures of makaluvamine H.
- Except for the F molecule, the X, XH⁺ and X^y structures of makaluvamines D (J), M (L) and V of group 2, compared with I, IH⁺ and I^y, respectively, have lower energies of 241493.41 kcal.mol⁻¹ to 240838.74 kcal.mol⁻¹. The three energy parameters agree on this result. For the structures F, FH⁺ and F^y, the energies are much lower, between 2105619.96 kcal.mol⁻¹ and 2105705.76 kcal.mol⁻¹. The bicyclo substituent containing three heteroatoms undoubtedly confers a great stability on makaluvamine F. Indeed, for this compound, there are more mesomeric forms.
- The X, XH⁺ and X^y structures of makaluvamines E (G) and K (P) of group 3 are also more stable than I, IH⁺ and I^y respectively by 265406.79 kcal.mol⁻¹ at 266278.02 kcal.mol⁻¹. This stability results from the contribution of the two substituents that specify this group. It also appears that these structures of group 3 makaluvamines are more stable than their groups 1 and 2 analogs. The difference between the energies of two similar structures of groups 3 and 1 corresponds on average to the stabilization energy of the substituent on the amino nitrogen. It is worth at least 240 000 kcal.mol⁻¹.
- The bromine on the C₆ carbon of the pyridine ring of the N, NH⁺ and N^y structures of the N molecule of group 4 stabilizes them very strongly compared to their analogs I, IH⁺ and I^y respectively. The three energy quantities estimate these more stable structures from 1614964.70 kcal.mol⁻¹ to 1614983.94 kcal.mol⁻¹. As for makaluvamine O, it is the molecule N whose amino substituent is replaced by a carbonyl oxygen on the C₇ carbon. This oxygen contributes to lowering the energies of the structures O, OH⁺ and O^y compared with those of N, NH⁺ and N^y between 12445.90 kcal.mol⁻¹ and 12479.15 kcal.mol⁻¹. In the end, the O, OH⁺ and O^y structures have lower energies of 1627410.60 kcal.mol⁻¹ at 1627462.60 kcal.mol⁻¹ compared to those of I, IH⁺ and I^y. All energy calculations agree on these results.

Group 4 compounds are the more stable among the studied makaluvamines. These results reveal that the heteroatoms on pyridine ring increase exceptionally the stability of the molecules.

3.3 REACTIVITY PARAMETERS

The reactivity parameters examined in this series of compounds are: the energies of the HOMO (ϵ_{HOMO}), the LUMO (ϵ_{LUMO}), the chemical potential (μ_{pot}), the electrophilia index (ω), the hardness (η), the softness (S), the energy gap of the boundary orbitals ($\Delta\epsilon$) and the dipole moment (μ_0). The calculated values of said parameters are reported in table 3.

Table 3. Energies of the HOMO and LUMO frontier orbitals, chemical potential, hardness, electrophilia, softness (eV)⁻¹, energy gap and dipole moment (Debye). The other parameters are expressed in eV

Molecules	ϵ_{HOMO}	ϵ_{LUMO}	μ_{pot}	η	ω	S	$\Delta\epsilon$	μ_{D}
I	-5.83	-2.61	-1.61	1.61	0.81	0.62	3.22	2.35
IH ⁺	-10.21	-7.09	-1.56	1.56	0.78	0.64	3.11	3.69
I ^x	-10.07	-6.96	-1.55	1.55	0.78	0.64	3.11	3.43
Groupe 1								
A	-5.75	-2.53	-1.61	1.61	0.81	0.62	3.23	2.71
AH ⁺	-10.05	-6.93	-1.56	1.56	0.78	0.64	3.12	3.81
A ^x	-9.92	-6.80	-1.56	1.56	0.78	0.64	3.12	3.53
C	-5.72	-2.51	-1.60	1.60	0.80	0.62	3.21	3.11
CH ⁺	-9.91	-6.94	-1.49	1.49	0.74	0.67	2.97	3.92
C ^x	-9.78	-6.82	-1.48	1.48	0.74	0.67	2.97	3.69
H	-5.64	-2.43	-1.60	1.60	0.80	0.62	3.21	3.36
HH ⁺	-9.77	-6.80	-1.49	1.49	0.74	0.67	2.97	4.01
H ^x	-9.65	-6.68	-1.49	1.49	0.74	0.67	2.97	3.78
Groupe 2								
D (J)	-5.51	-2.50	-1.51	1.51	0.75	0.66	3.01	2.40
DH ⁺ (JH ⁺)	-8.73	-6.67	-1.03	1.03	0.52	0.97	2.06	8.19
D ^x (J ^x)	-8.38	-6.65	-0.87	0.87	0.43	1.15	1.73	10.76
F	-5.95	-2.75	-1.60	1.60	0.80	0.63	3.2	5.44
FH ⁺	-8.24	-6.92	-0.66	0.66	0.33	1.51	1.32	19.71
F ^x	-8.29	-6.76	-0.77	0.77	0.38	1.30	1.54	18.65
M (L)	-5.57	-2.47	-1.55	1.55	0.78	0.65	3.1	2.85
MH ⁺ (LH ⁺)	-8.48	-6.53	-0.97	0.97	0.49	1.03	1.94	5.51
M ^x (L ^x)	-8.42	-6.46	-0.98	0.98	0.49	1.02	1.97	5.23
V	-5.56	-2.46	-1.55	1.55	0.78	0.65	3.1	2.30
VH ⁺	-8.62	-6.68	-0.97	0.97	0.49	1.03	1.94	10.59
V ^x	-8.59	-6.57	-1.01	1.01	0.51	0.99	2.02	10.13
Groupe 3								
E(G)	-5.51	-2.40	-1.56	1.56	0.78	0.64	3.11	3.41
EH ⁺ (GH ⁺)	-8.39	-6.42	-0.99	0.99	0.49	1.01	1.98	5.27
E ^x (G ^x)	-8.44	-6.41	-1.02	1.02	0.51	0.99	2.03	6.72
K(P)	-5.52	-2.42	-1.55	1.55	0.78	0.65	3.1	2.69
KH ⁺ (PH ⁺)	-8.43	-6.60	-0.91	0.91	0.46	1.09	1.83	8.77
K ^x (P ^x)	-8.35	-6.35	-1.00	1.00	0.50	1.00	2.00	7.13
Groupe 4								
N	-5.89	-2.81	-1.54	1.54	0.77	0.65	3.08	3.94
NH ⁺	-10.15	-7.23	-1.46	1.46	0.73	0.68	2.92	4.23
N ^x	-9.99	-7.14	-1.43	1.43	0.71	0.70	2.85	4.47
O	-6.09	-3.02	-1.53	1.53	0.77	0.65	3.07	10.00
OH ⁺	-10.46	-7.22	-1.62	1.62	0.81	0.62	3.24	12.86
O ^x	-10.32	-7.11	-1.60	1.60	0.80	0.62	3.21	12.75

The results of our calculations reported in Table 3 show that for a given type of structure (X or XH⁺ or X^x), the energies ϵ_{HOMO} and ϵ_{LUMO} vary not much. For neutral molecules (X), ϵ_{HOMO} is between -5.51 eV and -6.09 eV. As for ϵ_{LUMO} , it is between -2.40 eV and -3.02 eV. For the protonated molecules (XH⁺), ϵ_{HOMO} is between -8.24 eV and -10.46 eV then ϵ_{LUMO} -6.42 eV and -7.22 eV. In the methylated molecules, ϵ_{HOMO} is between -8.29 eV and -10.32 eV then ϵ_{LUMO} -6.35 eV and -7.14 eV.

For a given makaluvamine X, the ϵ_{HOMO} and ϵ_{LUMO} energies of the protonated form (XH⁺) are lower and higher for the neutral form (X).

The only exception to this observation is makaluvamine F; ϵ_{HOMO} (F^x) is lower than ϵ_{HOMO} (F). For the series of makaluvamines studied, our calculations indicate that protonation or methylation lowers the energy of the low vacant orbital (LUMO) from 4 eV to 4.5 eV. HOMO energy is also lowered by 4 eV to 4.4 eV for reference molecule I and those in groups 1 and 4 when they

are protonated or methylated. The HOMO energy of group 2 and group 3 makaluvamines only decrease from 2.3 eV to 3.2 eV after protonation or methylation. The "voluminous" substituents on the amino nitrogen of makaluvamines of groups 2 and 3 could be the cause of this low energy drop in the HOMO. The gap between ϵ_{HOMO} and ϵ_{LUMO} is practically constant for all the neutral structures of the studied makaluvamines. It ranges from 3.01 eV to 3.23 eV and averages 3.14 eV. Our calculations also show that protonation or methylation of a molecule reduces this energy gap. This reflects a rapprochement of the HOMO and LUMO orbitals in makaluvamine and an increase in its reactivity potential. This is the case for all the makaluvamines we study except the O molecule. In this makaluvamine, our calculations indicate a removal of the HOMO and LUMO orbitals after protonation or methylation on O₂.

As expected, an increase in the dipole moment of the XH⁺ and X⁺ structures compared to the neutral makaluvamine X is observed. This results from a modification of the positions of the barycentres of the positive and negative charges in these structures. Thus, makaluvamines acquire greater intermolecular interaction [35] in the forms XH⁺ and X⁺. For some makaluvamines, the dipole moment is greater when the molecule is protonated and for others it is larger for the methylated structure. No form is absolutely more interactive than the other for all makaluvamines.

By observing hardness η and softness S , it appears that η decreases as a result of protonation or methylation while S increases. The opposite is true for makaluvamine O. A high value of hardness is synonymous with stability and a high value of softness being synonymous with high reactivity, the studied makaluvamines (except O) are more reactive in the forms XH⁺ and X⁺.

All the analyzed reactivity parameters, energy gap $\Delta\epsilon$, dipole moment μ_D , hardness η and softness S , reveal that the studied makaluvamines with the exception of the molecule O have a greater reactivity potential when they are protonated or methylated. The greatest variations of these analyzed parameters are observed with the compounds of groups 2 and 3.

These are the molecules that have the greatest potential for reactivity.

3.4 FUKUI FUNCTIONS

The analysis of Fukui functions was performed using Hirschfeld populations [36]. These functions are calculated for the atoms globally involved in the conjugation of the electrons of the makaluvamine I structural skeleton. The atoms joining the different cycles are excluded from this analysis. They cannot be sites of structural modulation. The results of our calculations are summarized in Table 4.

Table 4. Fukui functions of some atoms of the makaluvamine I

Atomes	$q_K(N)$	$q_K(N+1)$	$q_K(N-1)$	f^+_K	f^-_K	Δf
N ₅	7.200658	7.299561	7.113602	0.098903	0.087056	0.011847
N ⁷	7.174408	7.213311	7.046135	0.038903	0.128273	-0.08937
O ⁸	8.291496	8.419139	8.240793	0.127643	0.050703	0.07694
N ₁	7.065986	7.102128	7.03516	0.036142	0.030826	0.005316
C ₂	6.001116	6.068307	5.931534	0.067191	0.069582	-0.002391

The results in Table 4 show that for the C₂ and N⁷ atoms (linked to C₇), the dual descriptor is negative. These are sites that are very incline to electrophilic attack. The nitrogen N⁷, with a lower value of the descriptor, represents the privileged site of this type of attack. These results would explain why most makaluvamines have structures modulated on N⁷ nitrogen. For the other atoms N₁, N₅ and O⁸ (bound to C₈) the dual descriptor is positive. These atoms are therefore more favorable to nucleophilic attacks. N₅ nitrogen is the favorable site of the three. N₁ nitrogen is the least favorable.

4 CONCLUSION

The literature has revealed that makaluvamine molecules can exist in three forms; neutral, protonated and methylated. The calculation of the quantity of basicity (GB) and the proton affinity (PA) of the potential sites of the basic molecule of the compounds studied led to the identification and confirmation of pyridine nitrogen as the preferred site of protonation or methylation. In a second step, the analysis of the electronic energy and thermodynamic parameters made it possible to study the stability of a series of makaluvamines. It has become clear that protonation on the indicated nitrogen atom stabilizes these molecules by at least 200 kcal.mol⁻¹. A molecule of makaluvamine methylated on this nitrogen is even more stable than the

neutral form of at least 24860 kcal.mol⁻¹. In sum, makaluvamines in charged forms are more stable. Thirdly, the analysis of the energies of the HOMO (ϵ_{HOMO}), the LUMO (ϵ_{LUMO}), the energy gap of the frontier orbitals ($\Delta\epsilon$), the hardness (η), the softness (S) and the moment Dipolar (μ_D) clearly showed that charged (protonated or methylated) makaluvamine molecules have a greater potential for reactivity. Calculation of Fukui functions has also shown that amino nitrogen (C₇ bonded N⁷) and C₂ carbon are in this order sites incline to electrophilic attack. They lend themselves to structural modulations.

REFERENCES

- [1] R. L. Siegel, K. D. Miller and A. Jemal, "Cancer statistics, 2015", *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, vol. 65, pp. 5-29, 2015. doi:10.3322/caac.21254
- [2] R. L. Siegel, L. Sahar, K. M. Portier, E. M. Ward and A. Jemal, "Cancer death rates in US congressional districts", *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, vol. 65, pp.339-344, 2015. doi:10.3322/caac.21292
- [3] D. J. Newman and G. M. Cragg, "Natural Products As Sources of New Drugs over the 30 Years from 1981 to 2010", *J. Nat. Prod.*, vol. 75, no. 3, pp. 311-335, 2012. doi: 10.1021/np200906s
- [4] Y. Harayama, and Y. Kita, "Pyrroloiminoquinone Alkaloids: Discorhabdins and Makaluvamines", *Curr. Org. Chem.*, vol. 9, no. (15), pp. 1567-1588, 2005. <https://doi.org/10.2174/138527205774370568>
- [5] M. Itoigawa[‡], Y. Kashiwada, C. Ito[‡], H. Furukawa,[‡] Y. Tachibana[‡], F. K. Bastow[‡] and L.Kuo-Hsiung, "Antitumor Agents. 203. Carbazole Alkaloid Murrayaquinone A and Related Synthetic Carbazolequinones as Cytotoxic Agents", *J. Nat. Prod.*, vol. 63, no.7, pp. 893-897, 2000. doi: 10.1021/np000020e
- [6] D. C. Radisky, E. S. Radisky, L. R. Barrows, B. R. Copp, R. A. Kramer and C. M. Ireland, "Novel cytotoxic topoisomerase II inhibiting pyrroloiminoquinones from Fijian sponges of the genus *Zyzya*", *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 115, no. 5, pp. 1632-1638, 1993. doi: 10.1021/ja00058a003
- [7] J. R. Carney, P. J. Scheuer and M. Kelly-Borges, "Makaluvamine G, a cytotoxic pigment from an Indonesian Sponge *Histodermella* sp. ", *Tetrahedron*, vol. 49, pp. 8483-8486, 1993. [https://doi.org/10.1016/S0040-4020\(01\)96256-8](https://doi.org/10.1016/S0040-4020(01)96256-8)
- [8] E. W. Schmidt, M. K. Harper and D. J. Faulkner, "Makaluvamines H-M and Damirone C from the Pohnpeian Sponge *Zyzya fuliginosa*", *J. Nat. Prod.*, vol. 58, no. 12, pp. 1861-1867, 1995. doi: 10.1021/np50126a008
- [9] D. A. Venables[‡], G. P. Concepcion[‡], S. S. Matsumoto[‡], L. R. Barrows[‡] and C. M. Ireland^{*‡}, "Makaluvamine N: A New Pyrroloiminoquinone from *Zyzya fuliginosa*", *J. Nat. Prod.*, vol. 60, no. 4, pp. 408-410, 1997. doi: 10.1021/np9607262
- [10] L. R. Barrows, D. C. Radisky, B. R. Copp, D. S. Swaffar, R. A. Kramer, R. L. Warters and C. M. Ireland, "Makaluvamines, marine natural products, are active anti-cancer agents and DNA topo II inhibitors", *Anti-cancer Drug Design*, vol. 8, no 5, pp. 333-347, 1993. pmid: 8251041
- [11] S. S. Matsumoto, H. M. Haughey, D. M. Schmehl, D. A. Venables, C. M. Ireland, J. A. Holden, L. R. Barrows, "Makaluvamines vary in ability to induce dose-dependent DNA cleavage via topoisomerase II interaction", *Anti-cancer Drugs*, vol. 10, no.1, pp. 39-45, 1999. PMID:10194546
- [12] K. Fukui, T. Yonezawa and H. Shingu, "A Molecular Orbital Theory of Reactivity in Aromatic Hydrocarbons", *The Journal of Chemical Physics*, vol. 20, 722 p, 2004. <https://doi.org/10.1063/1.1700523>
- [13] Gaussian 09, Revision A.02, M. J. Frisch, G. W. Trucks, H. B. Schlegel, G. E. Scuseria, M. A. Robb, J. R. Cheeseman, G. Scalmani, V. Barone, B. Mennucci, G. A. Petersson, H. Nakatsuji, M. Caricato, X. Li, H. P. Hratchian, A. F. Izmaylov, J. Bloino, G. Zheng, J. L. Sonnenberg, M. Hada, M. Ehara, K. Toyota, R. Fukuda, J. Hasegawa, M. Ishida, T. Nakajima, Y. Honda, O. Kitao, H. Nakai, T. Vreven, J. A. Montgomery, Jr., J. E. Peralta, F. Ogliaro, M. Bearpark, J. J. Heyd, E. Brothers, K. N. Kudin, V. N. Staroverov, R. Kobayashi, J. Normand, K. Raghavachari, A. Rendell, J. C. Burant, S. S. Iyengar, J. Tomasi, M. Cossi, N. Rega, J. M. Millam, M. Klene, J. E. Knox, J. B. Cross, V. Bakken, C. Adamo, J. Jaramillo, R. Gomperts, R. E. Stratmann, O. Yazyev, A. J. Austin, R. Cammi, C. Pomelli, J. W. Ochterski, R. L. Martin, K. Morokuma, V. G. Zakrzewski, G. A. Voth, P. Salvador, J. J. Dannenberg, S. Dapprich, A. D. Daniels, O. Farkas, J. B. Foresman, J. V. Ortiz, J. Cioslowski, and D. J. Fox, Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2009.

- [14] P. Hohenberg and W. Kohn, "Inhomogeneous Electron Gas", *Phys. Rev.*, vol. 136, B864, 1964.
<https://doi.org/10.1103/PhysRev.136.B864>
- [15] W. Koch and M.C. Holthausen, A in *Chemist's Guide to Density Functional Theory* 2nd Ed, Wiley-VCH, *Weinheim*, 1999.
- [16] L. Radom. « Modern Theoretical Chemistry », vol. 4, 342 p, 1977.
- [17] H. Eljazouli, H. Kabli, T. Atbir, M. Elamine, A. Albourine, "protonation of uracil, thymine and 5-halogénouracil examined at the isolated state. calculation of the protonic affinities by the am1 method", *Phys. Chem. News*, vol. 34, pp. 97-104, 2007.
- [18] M. D. Liptak[†], K. C. Gross[‡], P. G. Seybold[‡], S. Feldgus[†] and G. C. Shields[†], "Absolute pK_a Determinations for Substituted Phenols", *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 124, no. 22, pp. 6421–6427, 2002.
doi: 10.1021/ja012474j
- [19] P. Geerlings^{*†}, F. De Proft[†] and W. Langenaeker[‡], "Conceptual Density Functional Theory", *Chem. Rev.*, vol. 103, no. 5, pp. 1793–1874, 2003.
doi: 10.1021/cr990029p
- [20] H. Chermette, "Chemical reactivity indexes in density functional theory", *J. Comput. Chem.*, vol. 20, pp. 129-154, 1999.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-987X\(19990115\)20:1<129::AID-JCC13>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-987X(19990115)20:1<129::AID-JCC13>3.0.CO;2-A)
- [21] R. G. Pearson, "Hard and Soft Acids and Bases", *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 85, no. 22, pp. 3533–3539, 1963.
doi: 10.1021/ja00905a001
- [22] C. A. Caro[†], J. H. Zagal[†], F. Bedioui[§], C. Adamo[§] and G. I. Cardenas-Jiron^{*†}, "Solvent Effect on Density Functional Reactivity Indexes Applied to Substituted Nickel Phthalocyanines", *J. Phys. Chem. A*, vol. 108, no. 28, pp. 6045–6051, 2004.
doi: 10.1021/jp049530y
- [23] G. I. Cardenas-Jiron, S. Gutiérrez-Olivia, J. Melin and A. Toro-Labbé^{*}, "Relations between Potential Energy, Electronic Chemical Potential, and Hardness Profiles", *J. Phys. Chem. A*, vol. 101, no. 25, pp. 4621–4627, 1997.
doi: 10.1021/jp9638705
- [24] R. G. Parr, R. A. Donnelly, M. Levy and W. E. Palke, "Electronegativity: The density functional viewpoint", *The Journal of Chemical Physics*, vol. 68, pp. 3801-3807, 2008.
<https://doi.org/10.1063/1.436185>
- [25] R. S. Mulliken, "A New Electroaffinity Scale; Together with Data on Valence States and on Valence Ionization Potentials and Electron Affinities", *The Journal of Chemical Physics*, vol. 2, no. 11, pp. 782-793, 2004.
<https://doi.org/10.1063/1.1749394>
- [26] R. T. Sanderson, "An Interpretation of Bond Lengths and a Classification of Bonds", *Science*, vol. 114, no. 2973, pp. 670-672, 1951.
<https://www.jstor.org/stable/1678148>
- [27] R. G. Parr and R. G. Pearson, "Absolute hardness: companion parameter to absolute electronegativity", *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 105, no. 26, pp. 7512–7516, 1983.
doi: 10.1021/ja00364a005
- [28] W. Yang and R. G. Parr, "Hardness, softness, and the Fukui function in the electronic theory of metals and catalysis", *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, vol. 82, pp. 6723-6726, 1985.
<https://doi.org/10.1073/pnas.82.20.6723>
- [29] R. G. Pearson, "Hard and Soft Acids and Bases", *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 85, no. 22, pp. 3533–3539, 1963.
doi: 10.1021/ja00905a001
- [30] T. Koopmans, "Über die Zuordnung von Wellenfunktionen und Eigenwerten zu den Einzelnen Elektronen Eines Atoms", *Physica*, vol. 1, pp. 104-113, 1934.
[https://doi.org/10.1016/S0031-8914\(34\)90011-2](https://doi.org/10.1016/S0031-8914(34)90011-2)
- [31] K. Fukui, T. Yonezawa and H. Shingu, "A Molecular Orbital Theory of Reactivity in Aromatic Hydrocarbons", *The Journal of Chemical Physics*, vol. 20, pp. 722, 2004.
<https://doi.org/10.1063/1.1700523>
- [32] R. G. Parr^{*†}, L. Szentpály[‡], and S. Liu^{‡§}, "Electrophilicity Index", *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 121, no. 9, pp. 1922–1924, 1999.
doi: 10.1021/ja983494x
- [33] C. Morell[†], A. Grand^{*†} and A. Toro-Labbé^{*†}, "New Dual Descriptor for Chemical Reactivity", *J. Phys. Chem. A*, vol. 109, no. 1, pp. 205–212, 2004.
doi: 10.1021/jp046577a
- [34] C. Morell^{ab}, A. Grand^a and A. Toro-Labbé^b, "Theoretical support for using the $\Delta f(r)$ descriptor". *Chemical Physics Letters*, vol. 425, pp. 342-346, 2006.
<https://doi.org/10.1016/j.cplett.2006.05.003>

- [35] S. Xavier^{ab}, S. Periandy and S. Ramalingam^d, "NBO, conformational, NLO, HOMO–LUMO, NMR and electronic spectral study on 1-phenyl-1-propanol by quantum computational methods", *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, vol. 137, pp. 306-320, 2015.
<https://doi.org/10.1016/j.saa.2014.08.039>
- [36] R. K. Roy, "On non-negativity of Fukui function indices", *The Journal of Chemical Physics*, 110, 8236, 1999.
<https://doi.org/10.1063/1.478792>

