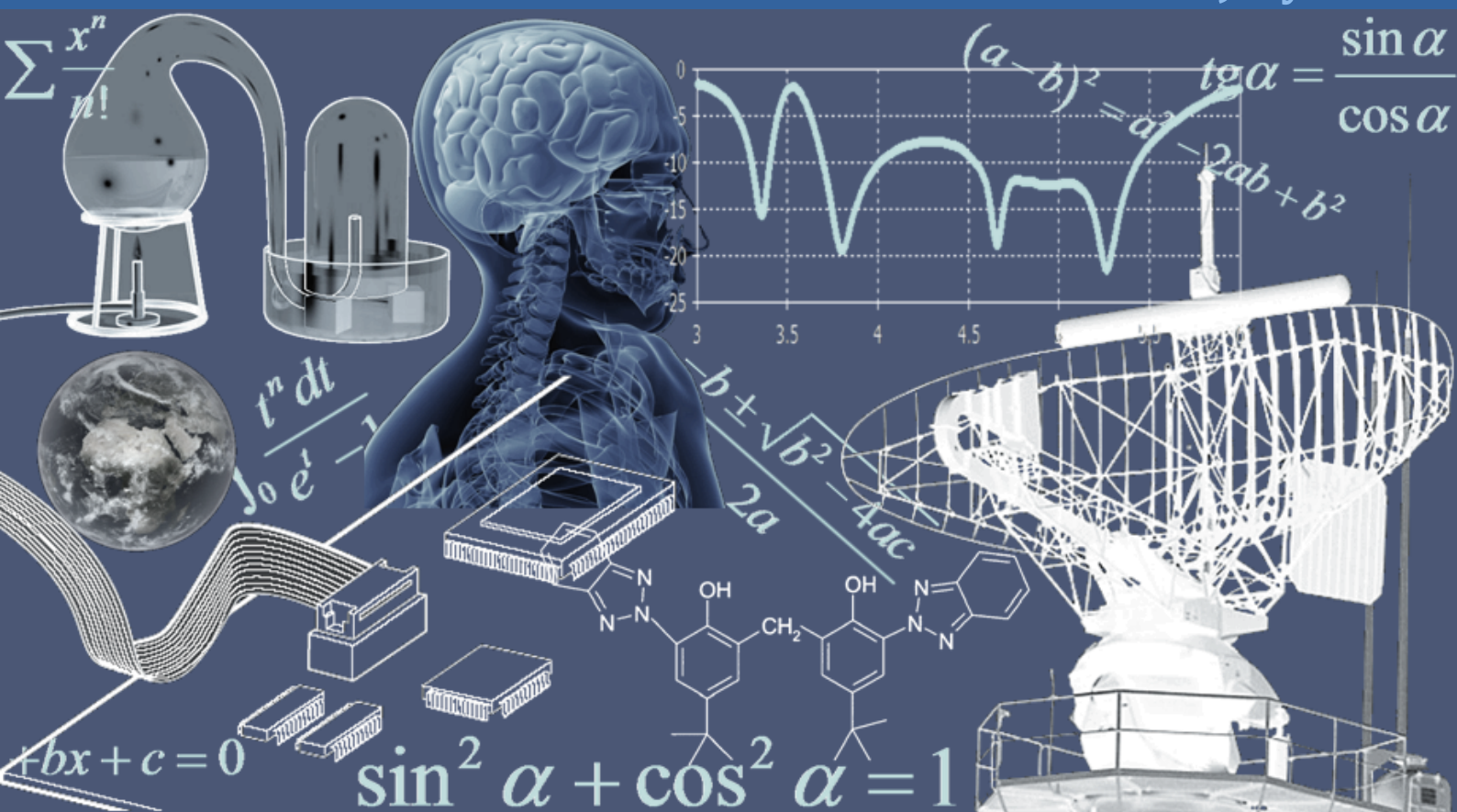


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 40 N. 1 July 2023



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, Ph.D. of Science in Chemical engineering, Process Engineer & Risk Specialist of Oil and Gas Refinery Company, 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
Malika Maataoui, Mohammed V University, Morocco
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 Kavrouidakis, 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 Jula, 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 Bumerdes, 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

Efecto del tamaño de semilla en la productividad y el valor nutricional del rastrojo y grano de maíz <i>Claudia Pérez Mendoza, Ma. del Rosario Tovar Gómez, Gabino García de los Santos, and María Magdalena Crosby Galván</i>	1-11
Polypropylene characterization by Differential Scanning Calorimetry (DSC) <i>Angeline Kpeusseu Kouambla Yeo, Bati Ernest Boya Bi, Paul Magloire Ekoun Koffi, and Prosper Gbaha</i>	12-19
La problématique de la pratique du management des ressources humaines à la GENERALE DES CARRIERES ET DES MINES: Regard tourné sur l'opération départs volontaires de 2003 <i>MBALA BUKASA Lambert and BANGIMINA KABEMBA Alpha</i>	20-28
L'accompagnement comme mécanisme de formation continue des professeurs au Maroc: Cas de l'académie régionale de l'éducation et de la formation Rabat Salé Kenitra <i>Arharbi Rachid and Belhaj Laila</i>	29-40
Analyse de la situation du développement humain en Afrique en 2022 <i>Abasse Tchagbèlè</i>	41-50
Étude d'un Nouveau Chargeur Solaire de Batteries pour Sac d'Étudiant Connecté à un Moniteur Graphique Android d'Énergie de Charge <i>Nkoulou Nkoulou Ninon Rosine, Etouke Owoundi Paul, Jean Mbihi, and NNEME NNEME Léandre</i>	51-64
Confrontations géopolitiques dans le contexte d'un ordre mondial contesté au 21ème siècle: Aperçu de la Russie Poutinienne <i>Jean Paul Mikobi Mikobi, Mongenu Mbaka Anny, and Kuminga Mulaba Doudou</i>	65-74
Challenges Facing the Teaching of English in Bunia Primary Schools in the Democratic Republic of the Congo <i>Malobi Pato Emmanuel</i>	75-83
Interpretative anthropology of cultural religious facts: Example of cultural practice of initiation of children in traditional convents of Southern Benin <i>Hounyoton Hospice Bienvenu, Adolphe Ahonnon, and Biga Boukary Alassane</i>	84-91
Caractérisation structurale des peuplements naturels de <i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss. (Meliaceae) en Côte d'Ivoire <i>Houphouet Yao Patrice, Kouassi Kouadio Henri, Adjé Bada Innocent, Akaffou Doffou Sélastique, Rabe Danielle Axelle, Duminil Jérôme, and Sabatier Sylvie Annabel</i>	92-102
Activité physique et prévention des Maladies Chronique Non Transmissible (MCNT) en Côte d'Ivoire: Le cas de la ville de Daloa <i>N'DA Mian Jacques</i>	103-111
Evaluation de la toxicité aiguë des extraits aqueux de deux espèces végétales couramment utilisées dans la pharmacopée ivoirienne contre le diabète <i>Doh Koffi Stéphane, Ta Bi Irié Honoré, M. Yao Konan, Aké-Assi Ablan Emma, KOUAME N'guessan François, BORAUD N'takpé K. Maxime, and N'guessan Koffi</i>	112-117
Alimentation et droits humains <i>Ilunga Kazule Sylvain</i>	118-133
Les étrangers et la promotion des droits humains <i>Ilunga Kazule Sylvain</i>	134-152
Analyse des coûts directs des soins de santé chez les enfants de moins de 5 ans dans les hôpitaux de Lemera, Walungu et Ibanda au Sud - Kivu, en République Démocratique du Congo <i>Terry Kakisingi, Guillaume Bidubula, Elsie Karemere, Samuel Makali, and Hermès Karemere</i>	153-166
Air humidity influence on global solar radiation on the surface of a photovoltaic module in Niger: Case of the city of Dosso <i>Aminou Baare Ali, Mahamadou Hamidine, Harouna Sani Dan Nomao, Makinta BOUKAR, and Saïdou MADOUYOU</i>	167-178
Ethnobotanical survey of indigenous leafy vegetables consumed by the populations of the prefecture of Lobaye in the Central African Republic <i>Madiapevo Stephane Nazaire, Ndotar Michel, Xavier Worowounga, and Mandago Jean Bedel</i>	179-192

Aménagement des haies vives autour des parcelles de manioc comme moyen de lutte contre le criquet puant (<i>Zonocerus variegatus</i> Linne)	193-202
<i>Laurent Kikeba Mhala, Antoine MUMBA DJAMBA, Gilbert Pululu Mfwidi Nitu, Ovide Yobila Nuambote, Willy Bitwisila, and Idi Eca Idrissa</i>	
Contribution to the Study of Materials Commonly Used in Goma, DR Congo for Concrete Production	203-211
<i>Cirhuza Badesire Paterne, Chérif Bishweka, Grace OLEMBE MUSANGI, Bashige Germaine, Prince Badesire, and François NGAPGUE</i>	
Etude de la stabilisation du sol de Buganga en RDC par ciment et chaux en vue de l'utilisation dans la construction routière	212-218
<i>Cirhuza Badesire Paterne, Ally Alinabiwe, Mlebing Bushiri Nelly, Bashige Germaine, Koko Katumbi, Prince Badesire, and François NGAPGUE</i>	
Etude du comportement de la résistance en compression du béton suite à la variation unimodale quantitative de ses composantes primaires	219-227
<i>Cirhuza Badesire Paterne, Muhindo Wa Muhindo Abdias, Aksanti Balola Jackson, Bashige Germaine, Koko Katumbi, Gabriel Kashala, Prince Badesire, and François NGAPGUE</i>	
Étude du profil des revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan en Côte d'Ivoire	228-232
<i>Moussa Komara, Yapo Akaffou, and Bi Irie Van Dexter Youan</i>	
Evaluation de la toxicité orale aiguë d'extrait sec d'une boisson traditionnelle à base de plantes « plaie de ventre » vendue dans la commune de Yopougon (Côte d'Ivoire)	233-246
<i>ABOLI Tano-Bla Félicité, Kporou Kouassi Elisée, Ghogho Moussa, N'GUESSAN Jean David, KOUAKOU Gisèle-Siransy, and Djaman Allico Joseph</i>	
Cartographie par télédétection des changements de l'occupation du sol à partir des images Landsat dans une zone d'orpaillage, département de Dimbokro (Centre-Est, Côte d'Ivoire)	247-257
<i>Yapo Armand Patrick, AHOUISSI Kouassi Ernest, and Yao Kouassi Serge Aristide</i>	
Effet additif des légumineuses des systèmes multi-espèces sur la productivité du maïs, la fertilité des terres surexploitées et la rentabilité économique	258-270
<i>Fofana Ben Ibrahima, Dominique Radio Koua, Ediman Théodore Anicet Ebou, and Yao Casimir Brou</i>	
Le pragmatisme dans la recherche en sciences de gestion: Fondements théoriques, applications et implications	271-278
<i>Khadija Elkam and Mohamed Faridi</i>	
The value of pharmacological dosage in the management of chronic inflammatory bowel disease treated with anti-TNF agents	279-290
<i>Imane Radouane, S. Ouahid, Hasna Igorman, Rachid Laroussi, Abdelfettah Touibi, Sanaa Berrag, Tarik Adiou, and Mouna Tamzaourte</i>	
Analysis of long-term rainfall trends and change point in Bandama Basin, Côte d'Ivoire	291-302
<i>N'Guessan Kouamé Emmanuel Abo and Gneveyougo Emile SORO</i>	
Le rôle de la communication dans la qualité des écoles maternelles de la ville de Butembo, RDC	303-309
<i>Barthelemy Muzaliwa Balume, Jusline Kavugho Madirisha, and Lucie Kahambu Kighuta</i>	
Cartographie des unités d'occupation du sol du District d'Abidjan depuis le cloud Google Earth Engine, sur la base des images optiques Sentinel-2 et des algorithmes de Machine Learning	310-332
<i>NJEUGEUT MBIAFEU Amandine Carine, Marc Youan Ta, KAMENAN Satti Jean-Robert, KOUAME Kouadio Armel, ASSOMA Tchimou Vincent, and JOURDA Jean Patrice</i>	

Efecto del tamaño de semilla en la productividad y el valor nutricional del rastrojo y grano de maíz

[Effect of seed size on productivity and nutritional value of maize stover and grain]

Claudia Pérez Mendoza¹, Ma. del Rosario Tovar Gómez², Gabino García de los Santos³, and María Magdalena Crosby Galván⁴

¹Programa de Recursos Genéticos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Valle de México, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, Mexico

²Programa de Forrajes, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Valle de México, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, Mexico

³Programa de Recursos Genéticos y Productividad-Producción de Semillas, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Texcoco, Estado de México, Mexico

⁴Programa de Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Estado de México, Mexico

Copyright © 2023 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 this study was to evaluate the effect of seed size on the productivity and nutritional value of maize stover and grain. Nine varieties of maize previously classified by their shape and size were produced. The investigation consisted of two phases: in the first, the agronomic and productivity characters of maize stover and grain were evaluated, and in the second, the nutritional value. The experimental design used in each phase was randomized complete blocks with factorial arrangement and four repetitions. The harvest was carried out at the cutting stage of physiological maturity. Significant differences ($P \leq 0.001$) were observed between varieties for all the evaluating parameters; For seed size, there was only significance in stover protein yield per hectare, stover and grain protein content, and in *in vitro* digestibility of stover dry matter. Based on the absolute value of the standardized coefficients, the most relevant variables were in *in vitro* digestibility and stover protein; grain yield, protein and starch. It is concluded that the variety affects the yield and nutritional value of maize stover and grain; seed size only had a slight effect on nutritional value. The outstanding materials for their stover yield were Campeón, VS-2000, H-157E and H-358 and for grain yield, they were the hybrids HS-2, Promesa and H-157E. The most outstanding variety for its productivity and nutritional value of maize stover and grain was VS-22.

KEYWORDS: Varieties, Hybrids, Landrace, Yield and Shearing.

RESUMEN: El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del tamaño de semilla en la productividad y el valor nutricional del rastrojo y grano de maíz. Se utilizó nueve variedades de maíz previamente clasificados por su forma y tamaño. La investigación consistió en dos fases: en la primera se evaluó los caracteres agronómicos y de productividad del rastrojo y grano de maíz y en la segunda, el valor nutricional. El diseño experimental utilizado en cada fase fue bloques completos al azar con arreglo factorial y cuatro repeticiones. La cosecha se realizó en la etapa de corte de madurez fisiológica. Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.001$) entre variedades para todos los parámetros evaluados; para tamaño de semilla, sólo hubo significancia en rendimiento de proteína del rastrojo por hectárea, contenido de proteína del rastrojo y del grano y en la digestibilidad *in vitro* de la materia seca del rastrojo. En función del valor absoluto de los coeficientes estandarizados, las variables más relevantes

fueron digestibilidad *in vitro* y proteína del rastrojo; rendimiento, proteína y almidón del grano. Se concluye que la variedad afecta el rendimiento y el valor nutricional del rastrojo y grano de maíz; el tamaño de semilla, sólo presentó un ligero efecto en el valor nutricional. Los materiales sobresalientes por su rendimiento de rastrojo fueron: Campeón, VS-2000, H-157E y H-358 y para rendimiento de grano fueron los híbridos HS-2, Promesa y H-157E. La variedad más sobresaliente por su productividad y valor nutricional del rastrojo y grano de maíz fue VS-22.

PALABRAS-CLAVE: Variedades; Híbridos, Criollo, Rendimiento y Esquilmo.

1 INTRODUCCIÓN

En México, la selección de la semilla con base en sus características físicas de forma y tamaño ha sido una práctica agrícola empleada, sobre todo por los agricultores que siembran maíz en condiciones de temporal; quienes basan su criterio de selección en que la semilla grande tiene una mejor emergencia en campo lo que conlleva a una buena producción de grano. Una vez cosechado el grano de maíz el subproducto que se obtiene es el rastrojo, el cual es un esquilmo muy importante para la alimentación animal sobre todo porque ayuda a disminuir los problemas ocasionados por la falta de alimentos durante la época seca del año, ya que sostiene a la ganadería de productores de bajos ingresos que se ubican en ejidos y pequeñas comunidades. El rastrojo de maíz tiene una amplia variedad de usos y dada su abundancia y disponibilidad, se puede considerar como una fuente barata de energía en la alimentación de los rumiantes [1] aunque su valor nutricional sea bajo [2].

En México, el rastrojo es una fuente de forraje importante durante la época seca, ya que aportan hasta el 40% de la disponibilidad de forraje [3] y representa el 24% de la materia seca disponible para el consumo animal [4]. En el país, se estima que existe una producción de 90 millones de toneladas de esquilmos agrícolas, de los cuales, alrededor de 32 millones de toneladas de rastrojo de maíz, que se aportan para la alimentación de la ganadería nacional [5]. Se han reportado diversos estudios en donde se evalúa la productividad y el valor nutricional del rastrojo y grano en diferentes variedades de maíz con potencial forrajero en los Valles Altos del Estado de México [6, 7] y se ha encontrado, que la variedad utilizada tiene influencia tanto en el rendimiento del rastrojo y de grano como en el valor nutricional de los mismos.

Por otra parte, se tiene que en el país y en la actualidad, son limitados los estudios en donde se relacione el efecto del tamaño de semilla con la productividad y el valor nutricional del grano y rastrojo de maíz, utilizando materiales con potencial forrajero, a pesar de la importancia que tienen ambos en la agricultura tradicional. Referente a lo anterior, se han llevado a cabo estudios en donde se relaciona el tamaño de semilla de maíz con la germinación en campo, desarrollo de la planta y productividad del cultivo, pero algunas veces los resultados han sido contradictorios e inconclusos.

En ese contexto, [8] evaluaron la influencia del tamaño de semilla sobre el rendimiento de un híbrido de maíz semitardío y encontraron mayores rendimientos de grano por planta empleando semilla de tamaño grande; estos autores recomiendan seguir trabajando en esta línea, a fin de confirmar la respuesta y así establecer conclusiones más universales. [9] al estudiar el efecto de la forma y tamaño de semilla en maíz, encontró que el tamaño plano grande, mostró una mayor concentración de proteína de 37.6 mg/semilla respecto a la de tamaño plano chico. [10] evaluaron tres híbridos de maíz por su tamaño de semilla y reportaron que no hubo diferencias significativas entre híbridos, en los atributos de desarrollo de la planta, componentes de rendimiento y rendimiento de grano. Derivado de lo anterior, se realizó la presente investigación bajo los siguientes objetivos: determinar la asociación entre el tamaño de semilla con el rendimiento y valor nutricional del rastrojo y grano en variedades de maíz con potencial forrajero; establecer que variables de productividad y de valor nutricional registradas en la etapa de madurez fisiológica son importantes para la selección de variedades de maíz para forraje.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 UBICACIÓN

El estudio se llevó a cabo en dos localidades del Estado de México (Tecámac en el Distrito de Zumpango, ubicada a los 19° 42' de latitud norte, 98° 58' de longitud oeste y una altitud de 2260 m y, Coatlinchán en el Distrito de Texcoco localizada a los 19° 29' latitud norte y 98° 53' longitud oeste con una altitud de 2250 m), durante el ciclo primavera-verano. Los análisis de valor nutricional se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal del Programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México.

2.2 MATERIAL GENÉTICO

El material genético utilizado consistió de nueve diferentes variedades de maíz: seis híbridos (H-157E, H-135, A-791, Promesa, HS-2 y H-358), dos variedades sintéticas (VS-2000 y VS-22) y un criollo (Campeón). Las semillas de estos materiales fueron seleccionadas mediante cribas para obtener dos formas y tamaños de cada variedad: plano grande (PG) y plano medio (PM).

2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental empleado fue series de experimentos en bloques al azar factorial de tratamientos en donde, se consideró a las localidades (Tecámac y Coatlinchán), bloques, variedades de maíz para forraje (nueve variedades) así como los tamaños de semilla (plano grande y medio) como fijos. y con cuatro repeticiones.

2.4 MANEJO CULTIVO

La densidad utilizada fue de 80,000 plantas ha⁻¹. La fertilización del cultivo se hizo mediante la fórmula: 180-90-30 que es la recomendada, para la producción de maíz forrajero en el Estado de México, aplicándose en dos partes: la primera al momento de la siembra con la mitad del nitrógeno y todo el fósforo y el potasio y la segunda a los cuarenta días después de la siembra, aplicándose el resto del nitrógeno. Las fuentes fueron: urea (46%), superfosfato de calcio triple (46%) y cloruro de potasio (60%) [11].

La cosecha se efectuó en la etapa de corte a madurez fisiológica, se cosecharon las plantas de los dos surcos laterales de cada parcela, estas se pesaron y posteriormente, se separó la mazorca para registrar el peso de la misma; por diferencia se obtuvo el peso total del rastrojo de la parcela. Una muestra de ocho plantas fue cosechada, para la determinación de materia seca, índice de cosecha y valor nutricional. Esas muestras se picaron, secaron (60 °C) y molieron para las determinaciones de los análisis de valor nutricional del rastrojo y del grano.

2.5 VARIABLES EVALUADAS

Las variables registradas fueron: porcentaje de acame (ACA), es el porcentaje de plantas con acame de raíz, para cuyo cálculo se consideraron únicamente las plantas con una inclinación mayor de 30° con respecto a la vertical; rendimiento de rastrojo (RR); índice de cosecha (IC) se calculó dividiendo el rendimiento de grano entre la materia seca total (rastrojo más grano), en la cual se incluyó el peso seco del olote; rendimiento de grano (RG) se calculó tomando el peso de mazorca cosechada de los surcos laterales, la humedad del grano en la cosecha y la relación grano/mazorca multiplicado por 1042.

Las variables de valor nutricional evaluadas fueron: materia seca total (MST): a las muestras se les determinó el contenido de materia seca total siguiendo el método descrito por la [12]. El porcentaje de materia seca total (MST) obtenido, se utilizó para reportar los datos de cada uno de los análisis en 100% base seca; contenido de proteína total en rastrojo (PCR) y grano (PCG), se determinó siguiendo el método de Microkjendahl, descrito por la [12]; la cantidad de nitrógeno total se expresa en términos de proteína, utilizando como factor de conversión 6.25; digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMSR) en rastrojo, se realizó por el método de [13] modificado por [14]; porcentaje de almidón (ALM), se determinó mediante el método descrito por [15] y modificada por el laboratorio de Nutrición Animal del Colegio de Postgraduados. Con los datos de rendimiento de rastrojo total, proteína total y digestibilidad se generaron las variables rendimiento proteína por hectárea del rastrojo (RPCR) y rendimiento de rastrojo digestible (RRD).

2.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En cada una de las variables se realizó el análisis de varianza univariado (ANAVA de acuerdo con el diseño de la serie de experimentos en bloques al azar factorial; todo esto se realizó utilizando el paquete estadístico [16]. Se hizo la comparación de medias para los experimentos individuales y en conjunto, de aquellas variables que resultaron significativas en los ANAVA'S con base en la prueba de rango múltiple (Tukey, $\alpha = 0.05$). Adicionalmente, la información se sometió a la metodología multivariada de colinealidad, excluyendo variables que tuvieran inconsistencia en su medición o se asociaran con otras variables del estudio; posteriormente, se llevó a cabo el análisis multivariado (MANOVA) y discriminante canónica (CANDISC), utilizando los procedimientos PROC REG ALL, PROC MANOVA y PROC CANDISC del SAS [16].

3 RESULTADOS

3.1 ANÁLISIS UNIVARIADO

En la Tabla 1, se presenta el análisis de varianza para la serie de experimentos de bloques al azar con arreglo factorial en el cual, se aprecian diferencias significativas ($P \leq 0.001$) entre localidades (L) para los rendimientos (RR, RPCR, RRD y RG) así como para el contenido de proteína (PCG) y almidón en el grano (ALM). Asimismo, se observan diferencias significativas ($P \leq 0.001$) entre variedades (V) para todos los parámetros evaluados. El tamaño de semilla (TS) sólo tuvo efecto en el rendimiento de proteína del rastrojo por hectárea (RPCR), así como en el contenido de proteína del rastrojo (PCR) y del grano (PCG) y en la digestibilidad *in vitro* de la materia seca del rastrojo (DIVMSR). Se puede observar también, que para los cuadrados medios del análisis de varianza en las interacciones generadas de los efectos principales de localidad (L), variedad (V) y tamaño de semilla (TS) presentaron significancias estadísticas ($P \leq 0.05$) en algunas variables evaluadas, y estas diferencias se debieron principalmente al efecto de la variedad y de la localidad en estudio, más que al efecto del tamaño de semilla. Es importante mencionar que el bloque anidado en la localidad tuvo una participación relevante más que el tamaño de semilla objeto de este estudio.

Tabla 1. Cuadrados medios del análisis de varianza de la serie de experimentos de bloques al azar con arreglo factorial, para las variables agronómicas, de rendimiento y valor nutricional evaluadas en la etapa de corte de madurez fisiológica

Factor de variación	Variables [†]									
	ACA (%)	RR (t ha ⁻¹)	RPCR (t ha ⁻¹)	RRD (t ha ⁻¹)	PCR (%)	DIVMSR (%)	IC	RG (t ha ⁻¹)	PCG (%)	ALM (%)
Localidad (L)	0.3 ns	99.2 **	0.4 **	31.6 **	0.3 ns	2.9 ns	0.008 ns	59.5 **	7.9 **	952.9 **
Variedad (V)	312.5 **	39.5 **	0.2 **	14.7 **	6.6 **	66.7 **	0.06 **	74.4 **	7.6 **	33.3 *
Tamaño de semilla (TS)	0.3 ns	7.3 ns	0.1 *	0.3 ns	15.0 **	42.6 **	0.004 ns	4.8 ns	8.4 **	3.3 ns
VxTS	1.2 ns	17.4 *	0.07 **	5.7 *	0.1 ns	1.5 ns	0.007 ns	2.1 ns	0.8 **	5.5 ns
LxV	1.4 ns	14.4 *	0.1 *	4.5 *	3.9 **	17.4 **	0.02 **	3.3 ns	2.3 **	89.7 **
LxTS	0.004 ns	2.9 ns	0.0007 ns	0.8 ns	0.05 ns	0.04 ns	0.02 ns	0.4 ns	0.3 ns	30.5 *
LxVxTS	0.2 ns	1.3 ns	0.004 ns	0.4 ns	0.4 **	1.5 ns	0.01 *	1.9 ns	0.5 *	8.6 ns
B (L)	0.7 ns	26.2 **	0.09 **	8.0 **	0.08 ns	0.3 ns	0.005 ns	19.7 **	0.05 ns	9.7 ns
CV (%)	17.6	22.6	22.2	23.0	4.9	2.3	15.0	19.2	4.0	3.03

[†]ACA = porcentaje de acame; RR = rendimiento de rastrojo; RPCR = rendimiento de proteína del rastrojo por hectárea; RRD = rendimiento de rastrojo digestible; PCR = proteína de rastrojo; DIVMSR = digestibilidad *in vitro* de la materia seca del rastrojo; IC = índice de cosecha; RG = rendimiento de grano; PCG = proteína de grano; ALM = almidón en el grano. **, * = significancia estadística al 0.001 y 0.05 de probabilidad; ns = no significativo

Con el fin de detectar qué parámetros respondieron mejor en este estudio, se procedió a realizar la comparación de medias de Tukey por localidad, variedad, tamaño de semilla y las combinaciones generadas de estos tres factores de variación.

El efecto de la localidad se puede observar en la Tabla 2, en donde la localidad de Tecámac presentó los más altos valores para la mayoría de las variables a excepción del rendimiento de grano (RG) y el contenido de proteína (PCG) los cuales fueron mayores para la localidad de Coatlinchán.

Tabla 2. Comparación de medias por localidad para las variables de rendimiento y valor nutricional evaluadas en la etapa de corte de madurez fisiológica

Localidad	Variables [†]									
	ACA (%)	RR (t ha ⁻¹)	RPCR (t ha ⁻¹)	RRD (t ha ⁻¹)	PCR (%)	DIVMSR (%)	IC	RG (t ha ⁻¹)	PCG (%)	ALM (%)
Tecámac	5.6 a	13.5 a	0.81 a	7.4 a	6.0 a	54.8 a	0.50 a	6.7 b	10.7 b	76.8 a
Coatlinchán	5.5 a	11.9 b	0.69 b	6.5 b	5.9 a	54.5 a	0.46 a	8.0 a	11.1 a	71.6 b
Media	5.6	12.7	0.8	7.0	5.9	54.7	0.47	7.34	10.9	74.2

[†]ACA = porcentaje de acame; RR = rendimiento de rastrojo; RPCR = rendimiento de proteína del rastrojo por hectárea; RRD = rendimiento de rastrojo digestible; PCR = proteína de rastrojo; DIVMSR = digestibilidad *in vitro* de la materia seca del rastrojo; IC = índice de cosecha; RG = rendimiento de grano; PCG = proteína de grano; ALM = almidón en el grano. Media con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$).

En promedio de las dos localidades, las variedades con los más altos rendimientos de rastrojo (RR) así como de nutrientes digestibles por hectárea (RPCR y RRD) fueron VS-2000 y Campeón; sin embargo, estos materiales también presentaron mayor incidencia de acame y menor producción de grano. Los materiales con alto contenido de proteína (PCR) y con mayor digestibilidad del rastrojo (DIVMSR) fueron el Campeón y el VS-22. En cuanto a la producción de grano, los híbridos HS-2, H-157E y Promesa presentaron los más altos rendimientos y el contenido de almidón fue mayor para VS-2000, HS-2, H-157E, VS-22 y H-358 (Tabla 3).

Tabla 3. Comparación de medias de las variables agronómicas, de rendimiento y valor nutricional evaluadas en la etapa de corte de madurez fisiológica analizadas mediante la serie de experimentos

Variedad	Variables [†]									
	ACA (%)	RR (t ha ⁻¹)	RPCR (t ha ⁻¹)	RRD (t ha ⁻¹)	PCR (%)	DIVMSR (%)	IC	RG (t ha ⁻¹)	PCG (%)	ALM (%)
H-157E	1.7	13.9	0.69	7.6	4.9	54.9	0.48	10.2	9.7	74.8
H-135	3.2	12.5	0.76	6.8	5.9	54.2	0.51	7.1	10.5	72.5
A-791	1.2	11.8	0.71	6.0	6.1	50.6	0.49	7.3	11.5	72.3
VS-2000	11.2	15.0	0.83	8.3	5.5	55.4	0.38	5.0	11.3	76.1
Campeón	11.5	14.4	1.0	8.2	7.1	56.7	0.40	4.3	10.8	73.8
Promesa	4.1	10.6	0.67	5.7	6.4	54.0	0.56	8.6	11.2	73.3
HS-2	4.6	12.2	0.68	6.5	5.7	53.3	0.52	10.6	10.1	76.5
VS-22	11.1	10.6	0.67	6.1	6.3	57.8	0.48	6.2	11.4	74.3
H-358	1.5	13.2	0.71	7.3	5.4	54.9	0.43	6.7	11.7	74.2
Media (P < 0.05)	5.6	12.7	0.75	6.95	5.92	54.65	0.47	7.34	10.9	74.2
DMSH	1.09	3.22	0.19	1.79	0.32	1.43	0.08	1.58	0.47	2.52

[†]ACA = porcentaje de acame; RR = rendimiento de rastrojo; RPCR = rendimiento de proteína del rastrojo por hectárea; RRD = rendimiento de rastrojo digestible; PCR = proteína de rastrojo; DIVMSR = digestibilidad in vitro de la materia seca del rastrojo; IC = índice de cosecha; RG = rendimiento de grano; PCG = proteína de grano; ALM = almidón en el grano.

Referente al tamaño de semilla, se observa en la Figura 1 que al utilizar semilla de tamaño grande se presentó un ligero incremento en las variables anteriores comparado con la semilla de tamaño medio.

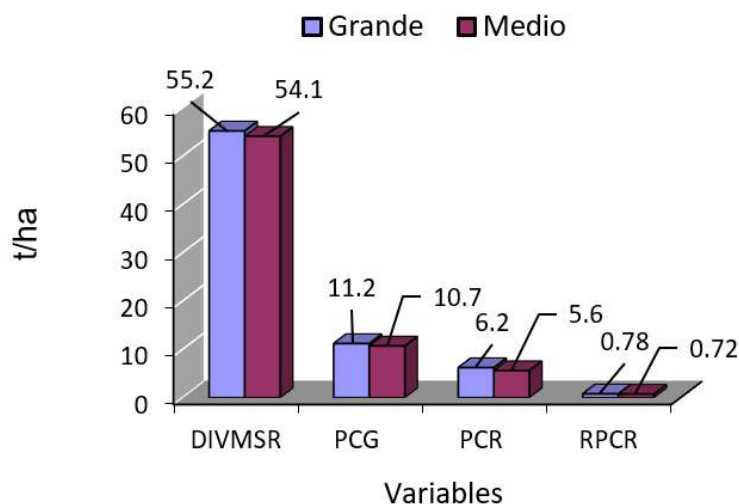


Fig. 1. Diferencias en digestibilidad in vitro (DIVMSR) del rastrojo, proteína del grano (PCG), proteína del rastrojo (PCR) y rendimiento del contenido de proteína del rastrojo (RPCR) debidas al tamaño de semilla

En cuanto a la combinación de variedad por tamaño de semilla que en los materiales H-157, H-135, Campeón y VS-22 los rendimientos de RR, RPCR y RRD, así como PCG fueron ligeramente mayores en la semilla de tamaño grande comparada con la de tamaño medio, contrariamente a lo que se presentó en los materiales A-791, Promesa y HS-2 en donde RR, RPCR y RRD

en el tamaño medio fue ligeramente más alto. De acuerdo con los datos obtenidos, las diferencias encontradas en estos parámetros se debieron al efecto de la variedad más que al tamaño de la semilla.

3.2 ANÁLISIS MULTIVARIADO

Las variables de rendimiento y valor nutricional del rastrojo y grano de maíz se sometieron al análisis multivariado, con el propósito de lograr una mejor interpretación de los resultados y discriminar con precisión, las variables utilizadas en la evaluación de la productividad y calidad nutricional. Adicionalmente, la información se analizó con la técnica multivariada de colinealidad donde RPCR, RRD fueron eliminadas debido a su colinealidad con RR, PCR y DIVMSR. La variable ACA se descartó por no presentar significancia estadística en el análisis de varianza univariado y así también, el índice de cosecha (IC) por ser un factor que se encuentra implícito en el cálculo del RG.

El análisis multivariado (MANOVA) permitió detectar diferencias ($P \leq 0.001$) entre localidades (L), variedades (V) y tamaños de semilla (TS; Tabla 4), así como en las interacciones de variedad por tamaño de semilla (VxTS; Tabla 4). Esto indica que, en conjunto, las variables analizadas afectaron los criterios de clasificación, por lo que fue factible someterlas a las distintas metodologías de análisis multivariado decidiéndose a realizar el Análisis Discriminante Canónico (CANDISC).

Dado que el MANOVA (Tabla 4) permitió detectar diferencias significativas entre tamaños de semilla, se procedió a efectuar el CANDISC para localidad, variedad y tamaño de semilla considerando estas fuentes de variación como criterios de clasificación. Tomando en cuenta la localidad, la CAN1 absorbió el 100% de la variación de todo el análisis, debido a que el número de variables generadas fue igual al número de clases (en este caso dos localidades de estudio) menos una. Esta variable canónica resultó significativa ($P \leq 0.0001$). En cuanto a los coeficientes canónicos estandarizados indican que, con base en su valor absoluto, la variable original con mayor ponderación fue el ALM. Al considerar las medias de clase obtenidas para la localidad de Tecámac (0.90) y Coatlinchán (-0.90) así como los coeficientes canónicos estandarizados, es posible detectar que en la localidad de Coatlinchán se presentó la menor concentración de almidón. La distancia de Mahalanobis entre localidades fue de 3.26 y resultó significativa ($P \leq 0.001$).

Tabla 4. Análisis de varianza multivariado, proporción de la varianza explicada, probabilidad y coeficientes canónicos estandarizados para las dos primeras variables canónicas en parámetros de rendimiento y valor nutricional medidas en la etapa de corte de madurez fisiológica

	Variable canónica	Proporción de la varianza explicada	Valor de probabilidad	Coeficientes canónicos estandarizados					
				RR	PCR	DIVMSR	RG	PCG	ALM
Localidad (L)	CAN1	100	< 0.0001	0.19	0.06	-0.07	-0.53	-0.44	0.82
Variedad (V)	CAN1	0.45	< 0.0001	-0.50	-0.09	0.14	0.97	-0.59	0.30
	CAN2	0.29	< 0.0001	-0.10	0.06	1.00	-0.09	-0.49	0.04
Tamaño de semilla (TS)	CAN1	100	< 0.0001	-0.19	0.75	0.43	0.36	0.45	0.06
VxTS	CAN1	0.54	< 0.0001	0.51	0.30	0.17	-0.90	0.56	-0.42
Grande	CAN2	0.21	< 0.0001	0.45	-0.31	0.57	-0.13	-0.53	-0.003
VxTS	CAN1	0.44	< 0.0001	-0.37	0.57	1.03	0.30	-0.88	-0.15
Medio	CAN2	0.32	< 0.0001	-0.16	-0.39	-0.11	0.79	-0.46	0.17

RR = rendimiento de rastrojo; PCR = proteína del rastrojo; DIVMSR = digestibilidad in vitro de la materia seca del rastrojo; RG = rendimiento de grano; PCG = proteína de grano; ALM = almidón del grano.

Por otra parte, el MANOVA también detectó diferencias significativas entre variedades ($P \leq 0.0001$) en cuanto a sus caracteres de rendimiento y valor nutricional. En el CANDISC se observa que para el factor variedad, las dos primeras variables canónicas (CAN1 y CAN2) resultaron significativas y ambas explicaron el 74% de la varianza total. Tomando en cuenta la variedad, los coeficientes canónicos estandarizados, muestran que, con base en su valor, las variables originales más relevantes fueron RG, PCG y RR en CAN1 y en CAN2 la DIVMSR y PCG ya que tuvieron la mayor ponderación, por lo que con estas variables se puede seleccionar, las variedades de maíz con fines forrajeros. Con base en la ponderación de las variables originales definida por los coeficientes canónicos estandarizados y por la posición de los materiales en la Figura 2, determinada por sus respectivas medias de clase, se permite hacer la siguiente caracterización cuantitativa:

Cuadrante I. Con base en las variables canónicas CAN1 y CAN2 se puede observar en este Cuadrante, que está integrado por los híbridos H-157E y H-135 de ciclo tardío. El rendimiento de grano del híbrido H-157E fue más alto que del material H-135 pero ambos presentaron una DIVMSR similar, lo que permitió ubicarlos como los de mejor respuesta al conjugar las variables. Estos materiales poseen germoplasma de origen Valles Altos y Tropical.

Cuadrante II. Los materiales VS-2000 (tardío), Campeón y VS-22 (intermedio) que se observan en este Cuadrante, se caracterizaron por presentar los menores rendimientos de grano, pero con los mayores porcentajes de DIVMSR; característica que les permitió ubicarse como los de mejor respuesta en la variable CAN2. Es importante mencionar que los tres materiales son de origen Valles Altos.

Cuadrante III. Los materiales Promesa y HS-2 de ciclo intermedio que se observan en este Cuadrante, se caracterizaron por presentar altos rendimientos de grano, pero bajos porcentajes de DIVMSR y contenido de PCG. Estos materiales poseen germoplasma Valles Altos.

Cuadrante IV. Presenta materiales de ciclo tardío (A-791 y H-358) con menores rendimientos de grano, contenido de proteína y digestibilidad *in vitro* del rastrojo. Estos materiales poseen germoplasma Tropical.

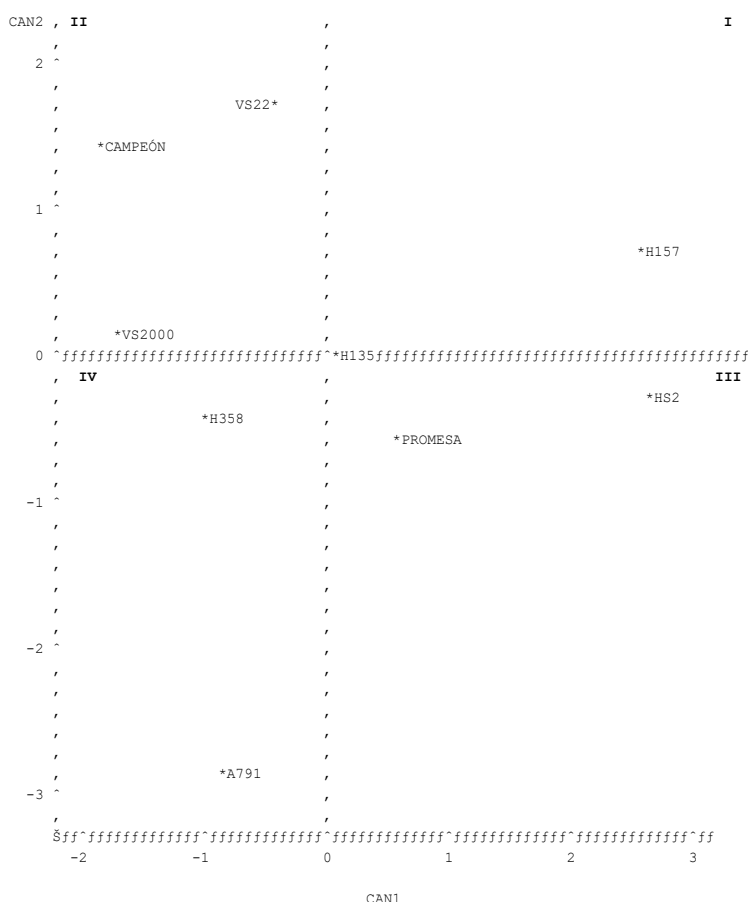


Fig. 2. Dispersión de las nueve variedades, en función del rendimiento y el valor nutricional del rastrojo - grano de maíz y ponderada, por las dos primeras variables canónicas del análisis discriminante canónico

Dado que el MANOVA (Tabla 4) permitió detectar diferencias significativas entre tamaños de semilla, se procedió a efectuar el CANDISC considerando esta fuente de variación como criterio de clasificación. La CAN1 absorbió el 100 % de la variación de todo el análisis, debido a que el número de variables generadas fue igual al número de clases (en este caso dos tamaños de semilla) menos una. Esta variable canónica resultó significativa ($P \leq 0.0001$). Asimismo, y como los coeficientes canónicos estandarizados indican que, con base en su valor absoluto, la variable original con mayor ponderación fue el PCR. Al considerar las medias de clase obtenidas para tamaño de semilla grande (0.49) y medio (-0.49) y los coeficientes canónicos estandarizados, es posible detectar que el tamaño medio presentó la menor concentración de proteína del rastrojo. La distancia de Mahalanobis entre ambos tamaños de semilla fue de 0.99 ($P \leq 0.0001$).

Por otra parte, en el MANOVA (Tabla 4) se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.0001$) en las interacciones VxTS en ambos tamaños, acumulando el 75% de la proporción de la varianza total para semilla grande y 76% de la varianza total en semilla de tamaño medio. Tomando en cuenta ambas combinaciones de VxTS, se encontró que en CAN1 y CAN2 las variables RG, PCG, DIVMSR y PCR fueron las de mayor relevancia en este estudio.

4 DISCUSIÓN

Dada la importancia que tiene el maíz en la producción nacional, es necesaria la utilización de semillas mejoradas para obtener altos rendimientos de grano y forraje. Sin embargo, en la mayor parte de la superficie sembrada en México no se utilizan variedades mejoradas [17], limitando con ello la productividad. Al respecto, en la agricultura mexicana de subsistencia, se realiza una práctica tradicional por parte del agricultor, que consiste en la selección de semilla de maíz por su forma y tamaño utilizando sólo semillas grandes y planas porque considera que se obtiene un mejor establecimiento en campo y con ello altos rendimientos del cultivo. Aunado a esto, actualmente la venta de semilla por las empresas que la comercializan, la llevan a cabo tomando en cuenta el número y el tamaño de la semilla lo que incide en el precio de venta de la misma. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar si el tamaño de semilla tiene influencia en el rendimiento y valor nutricional del rastrojo y del grano en diferentes variedades de maíz.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de la serie de experimentos analizada, se determinó que la localidad tuvo efecto en la mayoría de las variables estudiadas en la etapa de madurez fisiológica a excepción de acame, contenido de proteína del rastrojo e índice de cosecha. La variedad empleada para este estudio afectó en todos los parámetros evaluados. El tamaño de semilla no influyó en el rendimiento del rastrojo y del grano, pero la semilla de tamaño grande presentó un ligero incremento en el contenido de proteína del rastrojo y grano, así como en la digestibilidad del rastrojo de maíz comparado con la semilla de tamaño medio.

En general, se puede considerar que las diferencias observadas en este estudio, pueden ser explicadas más por la variedad y la localidad que en sí por el tamaño de la semilla, el bloque anidado en la localidad también tuvo una participación importante. Estos resultados coincidieron con lo obtenido por [18], quien reportó que el tamaño de semilla no tuvo efecto sobre el rendimiento en dos híbridos de maíz evaluados en Estados Unidos, pero el rendimiento se vio afectado por la variedad y el ambiente. [19] trabajando en Kenya con tamaños de semilla de maíz, hacen mención al poco efecto que tuvo el tamaño de semilla sobre el rendimiento y estos autores mencionan un incremento en mazorcas por planta proveniente de semillas de tamaño pequeño, aunque esto no fue significativo en el análisis de varianza. Asimismo, [20] reportaron que el tamaño de semilla en un híbrido de maíz de cruz doble no tuvo efecto en el establecimiento en campo, altura de planta y rendimiento final. Caso contrario a lo anterior, lo reportan [21] en un estudio realizado en Ahwaz, Irán, quienes utilizando el híbrido de maíz S.C704 clasificados por tamaño de semilla, sí registraron diferencias en rendimiento de grano, el número de semillas por mazorca, número de semillas por hilera y el peso de mil semillas.

Considerando algunas de las variables agronómicas, en este estudio se observó que la mayor incidencia de acame fue para las variedades de maíz con germoplasma Valles Altos como fue el caso de los materiales VS-2000, VS-22 y Campeón. Asimismo, se observó que estas variedades también tuvieron la mejor respuesta en el rendimiento del rastrojo y en el valor nutricional. Respecto a esto, [22] estudiando cinco poblaciones de maíz con potencial forrajero, encontraron que el germoplasma precoz y de Valles Altos tuvo una mayor incidencia de acame y una mayor DIVMS del rastrojo, superando al resto de las poblaciones evaluadas. Por su parte, [23] evaluaron el rendimiento y la digestibilidad del rastrojo de maíz por dos años en 12 líneas endogámicas con incidencia al acame y reportaron una correlación negativa entre lignina detergente ácido (LDA) con la digestibilidad de la materia orgánica *in vitro* (IVDOM) siendo el valor de -0.59.

En este estudio se observó que las variedades Campeón y VS-2000 además de tener altos rendimientos de rastrojo y de nutrientes fueron también, los de mejor valor nutricional en PCR y DIVMSR. Los resultados del presente estudio no son consistentes con lo reportado con [24], quienes observaron que variedades con altos rendimientos de rastrojo tienden a tener bajas digestibilidades *in vitro*. Sin embargo, esta observación se manifestó en los híbridos H-157E, H-135 y H-358 de ciclo tardío quienes presentaron rendimientos de rastrojo aceptables pero su valor nutricional fue menor.

Los resultados de rastrojo obtenidos en este estudio fueron más altos que los reportados por [25] y difieren de los mencionados por [7]. [25] observaron rendimientos de 2877 a 6220 kg ha⁻¹ en un estudio realizado en los valles altos de Libres-Serdán, Puebla, México con variedades locales de maíz. De igual manera, [7] registraron rendimientos de rastrojo de maíz de 18 a 23 t ha⁻¹ y de 10 a 18 t ha⁻¹ en RRD, siendo las variedades sobresalientes en ese estudio VS-2000, Triunfo y H-135 quienes presentaron los mayores rendimientos de rastrojo.

Las diferencias en rendimiento de grano fueron muy marcadas entre variedades, como fue en el caso del criollo Campeón quien registró el menor RG con 4.3 t ha⁻¹ y HS-2 el de mayor RG con 10.6 t ha⁻¹. Por lo tanto, los resultados alcanzados en este estudio fueron ligeramente mayores a los reportados por [26] para maíces forrajeros en Etiopía donde los rendimientos oscilaron entre 2.2 y 7 t ha⁻¹ y a los de [6] en el Estado de México que reportan rendimientos de 3.6 a 9.5 t ha⁻¹ y similares a los obtenidos por [7] con rendimientos de 6 a 10 t ha⁻¹.

Respecto al índice de cosecha (IC) los materiales Promesa, HS-2, H-135, A-791 y H-157E sobresalieron significativamente en relación con las demás variedades, en donde VS-2000 y Campeón fueron las de menor IC y RG. Los índices de cosecha de las variedades evaluadas en este estudio coinciden en parte con otros estudios, como los de [26] quienes reportan valores de 0.26 a 0.48. Resulta importante hacer notar que VS-2000 y Campeón presentaron mayor rendimiento de materia seca tanto en corte para ensilado como en rastrojo, pero no necesariamente tuvieron una máxima producción de grano (RG). [22] mencionan que el mejoramiento genético para mayor producción de grano *per se*, no garantiza tampoco que los híbridos presenten una mayor calidad forrajera, como lo sugieren [27].

En cuanto al valor nutricional del rastrojo, las variedades con mayor concentración de proteína (PCR) fueron Campeón, Promesa y VS-22 mientras que en la digestibilidad *in vitro* los materiales más sobresalientes fueron VS-22, Campeón, VS-2000 y H-358 superando al resto de las variedades evaluadas. Los valores de proteína obtenidos en rastrojo son similares a los reportados por [26] y son ligeramente superiores a los encontrados por [28]. [26] registraron porcentajes de 3.1 a 6.1% al realizar un estudio con ocho variedades de maíz en Etiopía, en tanto que [28] reportaron valores de proteína del rastrojo de maíz de 4.5%.

En el contenido de proteína del grano (PCG), hubo diferencias significativas entre variedades. Los valores obtenidos en nuestro estudio, fueron ligeramente mayores a los observados por [6] quienes mencionan valores entre 8.3 y 11.2% así como a los reportados por [29] quienes determinaron valores entre 8.3 y 10.6%. Por su parte, [30] reporta contenidos de proteína en el grano de 10%. Los híbridos H-358, A-791 y VS-22 obtuvieron el mayor contenido de PCG. Para la concentración de almidón (ALM) del grano, se observaron diferencias importantes en variedades donde HS-2, H-157E, H-358 y VS-22 fueron las más sobresalientes. [30] reporta concentraciones de almidón en el grano de maíz de 64 a 78%.

Por otra parte, VS-22, VS-2000 y Campeón mostraron mayores porcentajes de digestibilidad del rastrojo (DIVMSR) en cambio, A-791 que es un híbrido de ciclo tardío registró un bajo porcentaje de digestibilidad. [31] reportan una relación inversa entre el rendimiento de grano con el valor nutricional del rastrojo. Lo anterior coincide con lo encontrado en este estudio para VS-2000, Campeón y VS-22 cuyos rendimientos de grano fueron menores, pero presentaron alta digestibilidad del rastrojo. Los valores obtenidos en este estudio son superiores a los reportados por [28] quienes reportan valores de DIVMS del rastrojo de 47.71%.

Es importante que en un programa de mejoramiento de maíz para forraje se identifiquen las variables agronómicas, de rendimiento y de valor nutricional que pueden ser importantes para considerarlas como criterios de selección. Para identificar estas variables, se utilizó el análisis discriminante canónico (CANDISC), con el cual se determinó que el rendimiento de grano, así como el contenido de proteína del rastrojo y del grano, la concentración de almidón y la digestibilidad del rastrojo, son las variables de mayor importancia en la etapa de madurez fisiológica. Asimismo, se identificó que los materiales con la mejor respuesta en esta etapa de estudio fueron los materiales H-358, VS-2000, VS-22 y Promesa.

Los resultados observados en este estudio, coinciden parcialmente con lo reportado por [6] quienes realizaron a través de la técnica de componentes principales la caracterización de 30 variedades de maíz y encontraron que el rendimiento de grano, los contenidos de proteína del rastrojo y del grano, así como el rendimiento de rastrojo digestible, fueron los parámetros de mayor peso en los dos ejes de los componentes principales. Asimismo, estos autores reportaron que las variedades con mayor productividad y valor nutricional tanto del rastrojo como del grano de maíz fueron las de ciclo tardío y con germoplasma de Valles Altos.

5 CONCLUSIONES

La variedad afecta el rendimiento y el valor nutricional del rastrojo y grano de maíz; mientras que el tamaño de semilla, sólo presenta un ligero efecto en el contenido de proteína del rastrojo y grano, así como en la digestibilidad del rastrojo de maíz. De acuerdo con el análisis de varianza multivariado, las variables de mayor importancia para seleccionar variedades de maíz en la etapa de madurez fisiológica son el rendimiento de grano, los contenidos de proteína del grano y rastrojo, la digestibilidad *in vitro* del rastrojo, así como el contenido de almidón en el grano. Las variedades con la mayor productividad del rastrojo de maíz fueron Campeón, VS-2000, H-157 y H-358 mientras, que las variedades con el rendimiento más alto en grano de maíz son Promesa, H-157E y HS-2. La variedad más sobresaliente en cuanto a su valor nutricional tanto en rastrojo como en grano de maíz fue VS-22.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por otorgar la beca para realizar estudios de postgrado a la primera autora. Al Colegio de Postgraduados por las facilidades otorgadas para realizar esta investigación y al Instituto Nacional de

Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el apoyo económico para esta investigación a través del Proyecto titulado: *Mejoramiento Genético de Maíz Para Forraje de Alta Productividad y Calidad Nutricional* con número SIGI 135260688.

REFERENCIAS

- [1] Jaramillo, V.V., *La importancia forrajera del maíz*. In: III Simposio nacional sobre maíz. Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero. SARH. Guadalajara, Jalisco, México, 1992.
- [2] S. Fernández R., and J.T. Klopfenstein, «Yield and quality components of corn crop residues and utilization of these residues by grazing cattle», *Journal Animal Science*, vol. 67, pp. 597-605, 1989.
- [3] T. D. Beuchelt, V. C. T. Camacho, L. Göhring, R. V. M. Hernández, J. Hellin, K. Sonder, and O. Erenstein, «Social and income trade-offs of conservation agriculture practices on crop residue use in Mexico's central highlands». *Agricultural Systems*, vol. 134, pp. 61-75, 2015.
- [4] L. Reyes M., V. T. C. Camacho, y H. F. Guevara, *Rastrojos manejo, uso y mercado en el centro y sur de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. Libro Técnico No. 7, 256 p., 2013.
- [5] R. Martínez-Loperena, A. O. Castelán-Ortega, M. González-Ronquillo, and J. G. Estrada-Flores, «Determinación de la calidad nutritiva, fermentación *in vitro* y metabolitos secundarios en arvenses y rastrojo de maíz utilizados para la alimentación del ganado lechero». *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 14, pp. 525-536, 2011.
- [6] M. Vera U., y J. I. Vázquez L., Productividad y valor nutritivo de 30 genotipos de maíz (*Zea mays* L.) para forraje en la región de Valles Altos. Tesis Profesional UACH. Chapingo, México. 105 p., 2001.
- [7] M. R. Tovar G., J. L. Arellano V., S. Hernández J., P. Pérez, E. Vera y J. M. Hernández C., «*Tecnología para producción de maíz forrajero en los Valles Altos de la Mesa Central de México*». In: Memoria Técnica. INIFAP-Campo Experimental Valle de México «El Horno», no. 6, pp. 55-60, 2003.
- [8] M. H. Faiguenbaum, y L. Romero A., «Efecto del tamaño de semilla sobre la germinación, el vigor y el rendimiento en un híbrido de maíz (*Zea mays* L.) ». *Ciencia e Investigación Agraria*, vol. 18, no. 3, pp. 111-117, 1991.
- [9] Quintana, C. M., Tamaño de semilla de maíz (*Zea mays* L.) y su relación con la calidad Física y Fisiológica. Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 70 p., 1992.
- [10] U. A. Chaudhry, and A. I. Ullah, «Influence of seed size on yield, yield components and quality of three maize genotypes». *Journal of Biological Sciences*, vol. 1, no. 3, pp. 150-151, 2001.
- [11] M. R. Tovar G., J. L. Arellano V., y C. Pérez M., «*Tecnología para la producción de forraje con variedades criollas de maíz en el Estado de México*». INIFAP-Campo Experimental Valle de México, Desplegable para productores, no. 12, 2018.
- [12] Association of Officiating Analytical Chemists (AOAC), *Official method of analysis*. 19th Edition. Washington DC, USA. 672 p., 2012.
- [13] P. J. Van Soest, R. Wine H. and A. Morre L., Estimation of the true digestibility of forages by the *in vitro* digestion of cell walls. Proceedings of the X International Grassland Congress. Pp. 438-441, 1966.
- [14] E. P. Sosa, Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México, 115 p., 1979.
- [15] R. Herrera-Saldaña, and J. T. Hubbert, «Influence of varying protein and starch degradabilities on performance of lactating cows». *Journal Dairy Science*, vol. 72, pp. 1477-1483, 1988.
- [16] Statistical Analysis Software, SAS/STAT, *Guide for personal computers*. Statistical Analysis System Institute. Inc. Cary, NC. USA, 2016.
- [17] L. A. Guillén-Pérez, C. Sánchez-Quintanar, S. Mercado-Domenech y H. Navarro-Garza, «Análisis de atribución causal en el uso de semilla criolla y semilla mejorada de maíz». *Agrociencia*, vol. 36, pp. 377-387, 2002.
- [18] E. D. Nafziger, «Seed size effects on yields of two corn hybrids». *Journal of Production Agriculture*, vol. 5, no. 4, pp. 538-540, 1992.
- [19] R. S. Hawkins, and P. J. M. Cooper, «Effects of seed size on growth and yield of maize in the Kenya Highlands». *Experimental Agriculture*, vol. 15, no. 1, pp. 73-79, 1979.
- [20] R. W. Silva, and J. M. Filho, «Influence of weight and size of corn seeds on field performance». *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, vol. 17, no. 12, pp. 1743-1750, 1982.
- [21] E. M. R. Gholizadeh, A. M. Bakhshandeh, M. Dehghan S., M. H. Ghaineh, K. H. Aala, and M. Sharafizadeh, «Effect of source and seed size on yield component of corn S.C704 in Khuzestan». *African Journal of Biotechnology*, vol. 11, no. 12, pp. 2938-2944, 2012.
- [22] A. Peña R., G. Núñez H. y F. González C., «Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera». *Técnica Pecuaria de México*, vol. 41, no. 1, pp. 63-74, 2003.
- [23] P. A. Gurrath, B. S. Dhillion, W. G. Pollmer, D. Klein and E. Zimmer, «Utility of inbred line evaluation in hybrid breeding for yield and stover digestibility in forage maize». *Maydica*, vol. 36, pp. 65-68, 1991.

- [24] D. P. Wolf, J. G. Coors, K. A. Albrecht, D. J. Undersander and P. R. Carter, «Agronomic evaluations of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations». *Crop Science*, vol. 33, pp. 1359-1365, 1993.
- [25] F. Muñoz-Tlahuiz, J.D. Guerrero-Rodríguez, A. P. López, A. Gil-Muñoz, H. López-Sánchez, E. Ortiz-Torres, J. A. Hernández-Guzmán, O. Taboada-Gaytán, S. Vargas-López, and M- Valadez-Ramírez, «Producción de rastrojo y grano de variedades locales de maíz en condiciones de temporal en los valles altos de Libres-Serdán, Puebla, México». *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, vol. 4, no. 4, pp. 515-530, 2013.
- [26] A. Tolera, T. Berg and F. Sundstol, «The effect of variety on maize grain and crop residue yield and nutritive value of the stover». *Animal Feed Science and Technology*, vol. 79, pp. 165-177, 1999a.
- [27] W. J. Cox, J. H. Cherney, D. J. R. Cherney and W.D. Pardee, «Forage quality and harvest index of corn hybrids under different growing conditions». *Agronomy Journal*, vol. 86, pp. 277-282, 1994.
- [28] B. Wattanaklang, A. Abrar, and A. Cherdthong, «Nutritional value of fermented maize stover as feed for ruminant». *Journal Peternakan Sriwijaya*, vol. 5, no. 1, pp. 44-51, 2016.
- [29] M. R. Tovar G., J. L. Arellano V. y J. M. Hernández C., «Maíz para forraje en la región de valles altos de la mesa central». In: Memoria Técnica. INIFAP-CEVAMEX, no. 2, pp. 16-19, 2002.
- [30] P. Reyes C., *El maíz y su cultivo*. A. G. T. Editor, S.A. México, 460 p., 1990.
- [31] J. G. Coors, K. A. Albrecht and E. J. Bures, «Ear-fill effects on yield and quality of silage corn». *Crop Science*, vol. 37, pp. 243-247, 1997.

Polypropylene characterization by Differential Scanning Calorimetry (DSC)

Angeline Kpeusseu Kouambla Yeo, Bati Ernest Boya Bi, Paul Magloire Ekoun Koffi, and Prosper Gbaha

Laboratoire des Procédés Industriels, de Synthèse, de l'Environnement et des Energies Nouvelles (LAPISEN), UMRI 18, Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny (INPHB), B.P. 581, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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: *Objectives:* The objective of this work is to study the thermal behavior of polypropylene (PP) as phase change material (PCM) with the aim of its use to store energy necessary for cooking in the event of energy deficit for the solar cooker. *Method:* We used the differential scanning calorimetry (DSC) method for different speeds, both heating and cooling. We have identified the phase change temperatures of the different samples as well as the evolution of the crystallinity rate of each sample.

Findings: The first heating measurement of the sample is carried out to remove its thermal history. The additional heating measurements gave us information on the behavior of the material (Peak of melting: 167.24°C; Heat of fusion: 86.50 J/g). The cooling measurements gave us access to information such as the differentiation of materials with different histories. The crystallization peak of the recycled material is wider and lower than that of the new material. The temperature peaks of all the curves are around 120°C.

Novelty: The use of the MCP allows us to make a solar cooker autonomous, because the energy stored at the level of the MCP, can ensure the cooking of food during the day in the absence of sunlight and also during the night.

KEYWORDS: Polypropylene; Crystallization; Heater; Cooling; PCM; Store.

1 INTRODUCTION

This work is part of the cooking of food by solar energy. Indeed, the depletion of energy resources has motivated the search for new energy sources. Thus, several researchers have embarked on conquest of new energy sources such as renewable energies (solar, wind, biomass, etc.) in order to satisfy cooking [1]. The culmination of their labors were the direct and indirect cookers. However, they were faced with a problem, which was the autonomy of indirect cookers. Indeed, the intermittent nature of solar source is highlighted in periods of overcast skies or in the evening at sunset.

The problem posed is: How to ensure the autonomy of indirect solar cookers?

To try to solve it, we propose to use polypropylene as a phase change material (PCM), to store the energy necessary for cooking in the event of an energy deficit.

In this case, the characterization of recycled polypropylene with a view to its use as PCM in our solar cooking device is necessary, since it can allow us to know the capacity of this material to store energy and release it when appropriate.

Solar, as the most abundant source of energy among all renewable energies, is generally transformed in toother more exploitable forms of energy (kinetic, thermal or electrical energy) for its use.

The collection of solar energy can be done by two distinct techniques: flat collectors and solar concentrators [2, 3].

The thermodynamic conversion of solar energy most often uses parabolic tank solar concentrators (PTSC), in particular in the industrial and domestic field which require an operating temperature range between 80°C and 160°C [4 – 6]. Although this energy passes through the PTSCs, the challenge is to store it, since the PTSCs lose their capacity under an overcast sky or in the evening when there is no sun.

For a good estimate of the efficiency of our system, it is desirable to determine the polypropylene's heat capacity after several heating-cooling cycles. This parameter is essential for the calculation of thermodynamic quantities of the material.

Its possible determination thanks to the calorimeter can be done at constant pressure C_p or at constant volume C_v . A calorimeter is a container in which thermal phenomena occur subject to measurements; There are several models including differential scanning calorimetry (DSC). It is the latter we used in our study. It made it possible to obtain cooling curves for eleven (11) samples, 10 of which were recycled. Which curves were then interpreted and revealed the exothermic behavior of the samples. The results of the curves being practically similar, we have chosen to present four (4) curves on the eleven (11) samples.

2 METHODOLOGY

2.1 EXPERIMENTAL PROCEDURE

The simplest definition of heat capacity is as follows [7, 8]: Quantity of energy required to increase one gram of matter (or one mole) by one degree Celsius. But this other definition does not take into account certain measurement conditions such as: temperature, pressure, volume etc. Depending strongly on temperature, heat capacity is expressed in form of a function that can be determined from internal energy U for C_v and enthalpy H for C_p . Thus, their mass expressions are as follows:

$$C_v = \frac{1}{m} \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_v \quad (1)$$

$$C_p = \frac{1}{m} \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_p \quad (2)$$

Its unit in International System (SI) is $J \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}$ but in a practical way the measurements are expressed in $J \cdot K^{-1} \cdot g^{-1}$.

Given difficulties associated with their determination, heat capacities are quantities resulting from a derivation. Different methods of measuring this parameter exist. But the nature of products, the range of measurement temperature envisaged as well as precision sought are all elements will influence choice of method. We will present here only method of differential scanning calorimetry (DSC). It is a method based on temperature variation. This method is suitable for heat capacity measurements but for limited temperature ranges [9 – 12]. Despite delicacy of its implementation of methods using this technique (DSC), the accuracy of results is possible thanks to measurements in a relatively short time interval.

The ISO 11357 standard illustrates the principle of DSC in figure 1.

DSCs exist in two forms:

- With heat flow,
- With power compensation.

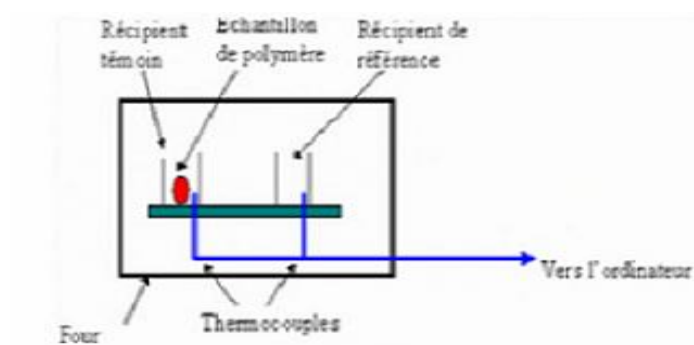


Fig 1 : Operating principle of a dsc machine.

2.2 METHODS

In this work, we used DSC method for different heating and cooling rates.

We have identified the phase change temperatures of different samples as well as evolution of crystallinity rate of each sample.

Inside the same oven, DSC has 2 cells. One contains the sample and other the reference. We performed analysis of 11 standard polypropylene (PP) samples in Table 1.

The recording of DSC curves was done on a METTLER TOLEDO DSC1 machine in figure 2 inside which there are HSS8 sensors and a liquid nitrogen cooling accessory.



Fig 2 : Dsc 1 mettler toledo dsc 1 Machine

The samples, which had not undergone any prior treatment and weighed between 5 and 15 mg, were introduced into standard aluminum crucibles (figure (3, 4)) of 40 μL capacity with a pinhole.

The weighings were possible thanks to a Shimadzu-AUW220D balance (figure (3, 4)).



Fig 3, 4 : Crucible – Weighing scale

The samples underwent several cycles of heating from -100°C to 250°C with one minute of holding at isothermal temperature at 250°C followed by cooling to 25°C at a rate of $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$.

Heat exchanges can be modeled by the following relationships:

$$\begin{cases} \phi_e = \frac{T_{fe} - T_e}{R_e} \\ \phi_r = \frac{T_{fr} - T_r}{R_r} \quad (\text{J/s or Watt}) \\ \Delta\phi = \phi_e - \phi_r \end{cases} \quad (3)$$

Where R_e is sample thermal resistance and R_r is reference thermal resistance with respect to oven.

T_e, T_{fe}, T_r, T_{fr} respective temperatures of sample, oven wall on sample side, reference, oven wall on reference side. The recording of $\Delta\phi$ will be done as a function of time at a constant or variable temperature.

$\beta = \partial T / \partial t$, the representation of heat flux $\Delta\phi$ (denoted ϕ for simplicity) will be expressed as a function of temperature or time. The measurements are made under an atmosphere of neutral nitrogen gas.

2.3 EXPERIMENTAL WORK

2.3.1 POLYPROPYLENE'S CHARACTERISTIC

It's part of family of thermoplastics, hot-formable without chemical modification and easily recyclable. Characterized by its great inertia to chemical attacks, its high impact resistance and its melting temperature is between 160°C and 170°C. Polypropylene has many advantages: it is cheap, food-grade (odorless and non-toxic) resistant to fatigue.

2.3.2 OPERATING MODE

The following steps were performed:

1. Open liquid nitrogen valves (4 in total);
2. Turn on machine (DSC);
3. Prepare sample;
4. Close DSC oven;
5. Use of METTLER TOLEDO software for data processing (entering protocol, name and mass of sample).

All this allows us to draw representatives curves of our experience.

DSC measurement curves show the peak (figure 4a and 4b) whose air corresponds to enthalpy involved in process. These curves highlight typical thermal effects when material is heated. These include exothermic and endothermic peaks namely glass transition temperature (T_g), peak due to cold crystallization, enthalpy of fusion and finally decomposition. The crystallinity value for melting (X_m) and cooling (X_c) was determined using following equations [13 – 17]:

$$X_m = \frac{\Delta H_m}{f \cdot \Delta H^0} \times 100 \quad (4)$$

$$X_c = \frac{\Delta H_c}{f \cdot \Delta H^0} \times 100 \quad (5)$$

Analysis of curves takes into account thermal history of material. Obtaining final shape of curve is done by removing isotherms. In our work, the amount of material to be used is much greater. It is therefore not obvious that all the material changes state in a homogeneous way. Size and distribution of crystallites is all more important since it gives us information on endothermic or exothermic nature of material.

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

Differential scanning calorimetry (DSC) study is carried out to understand the phase inversion behavior (crystallization and melting) of a material when subjected to heat [18].

Here the samples were heated and cooled at a constant rate (10 K/min) and the different states of the samples were measured as a function of temperature.

The black curve (figure 4a) highlights first heating run. It illustrates the typical effect observed on heating. The first event is the glass transition temperature, which can be seen as a step-in curve. This is followed by exothermic cold crystallization peak and endothermic melting peak. If the samples were heated at higher temperature, it will start to decompose. The temperatures

at which these effects are likely to take place are characteristic for each particular material [13, 14]. The DSC curves can therefore be used as a fingerprint in quality control [13 – 17]. Generally, the first heating measurement is performed to remove the thermal history of the sample (Polymer) which may be due to the processing conditions induced during sample preparation [13 – 15]. In general, it is often very useful to measure the cooling curve of the sample and then recording a second heating run. These additional measurements provide more information about the behavior of the material [13 – 15]. The second heating curve (blue) (figure 4a) shows the measurement after removal of the thermal history of the sample. The melting peak of new PP is at 167.24 °C with an enthalpy value (heat of melting) of 86.50 J/g. The glass transition does not accompany an endothermic peak due to enthalpy relaxation. The crystallization peak can be seen in the cooling run shown in green in Fig. 4a. In contrast, the new PP was almost completely amorphous because the cooling process during manufacturing was too fast for crystallization to occur [13, 14, 19, 20].

The black curve in figure 4b represents the first heating curve of sample PP_07 (recycled PP). This sample has already undergone 7 heating-cooling cycles. This curve, which is the result of another heating of the sample, has the role of erasing the thermal history of the material [13, 14, 19, 20]. After which, we proceed to the cooling of it. This allows us to obtain the curve in blue (cooling) above the one in black. On this cooling curve (figure 4b), we see that the exothermic behavior starts from the temperature of 122.67°C and ends at 113.82°C. The peak temperature is reached at 118.36°C. This phenomenon reflects a release of heat which is explained by the presence in the material of a certain rate of crystallites [13, 14, 19, 20]. The amount of energy released during this phase change can be determined through the calculation of the area below each cooling curve, but is also expressed through the software through the value of the integral in millijoule (mJ). Figure 5 illustrates a comparison made between three (3) samples: PP_00 in blue, PP_01 in red and PP_02 in green. The PP_00 sample is new, the PP_01 has undergone a single heating-cooling cycle and finally the PP_02 has undergone 2 heating-cooling cycles. For the same cooling rate of 10 K/min, the exothermic reaction begins at 124.53°C for PP_00, 123.81°C for PP_01 and 122.93°C for PP_02. We notice a delay of this reaction as the number of thermal cycles of the sample increases. Also, at the level of the peaks, we see a drop in their value: 119.87°C for PP_00, 119.46°C for PP_01 and 118.62°C for PP_02. This reflects the drop in the energy released during this exothermic reaction, hence the decrease in the rate of crystallites in the material. The number of thermal cycles undergone by a sample affects the rate of crystallites and therefore impacts its exothermic behavior [13, 14, 19, 20].

The explanation for this phenomenon lies in the fact that recycled material includes a higher rate of thermal crystallization seeds. The different peaks in the cooling curves reflect the exothermic behavior of the material during cooling. This is possible thanks to a certain rate of crystallites still present in the material. However, this rate decreases because the polymer chains break as the number of cycles increases. It is therefore possible that after a certain number of cycles, the material is no longer capable of releasing heat during cooling. There are grounds to consider renewing the MCP inside our solar cooker.

Table 1 : Thermal history of samples

Nombre de cycle → Echantillons ↓	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PP_00 (11,26 mg)	X										
PP_01_New (14,35 mg)		X									
PP_02 (7,06 mg)			X								
PP_03_New (8,04 mg)				X							
PP_04_New (9,13 mg)					X						
PP_05 (7,62 mg)						X					
PP_06 (5,46 mg)							X				
PP_07 (7,94 mg)								X			
PP_08 (7,02 mg)									X		
PP_09 (8,12 mg)										X	
PP_10_New (5,89 mg)											X

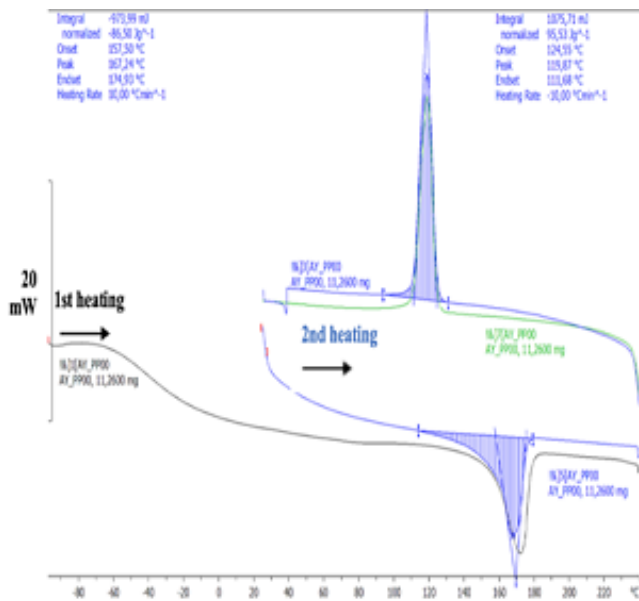


Fig 4a : DSC curves of temperature rise and cooling of a new Polypropylene, sample PP_00 ; heating /cooling rate : 10 K/min.

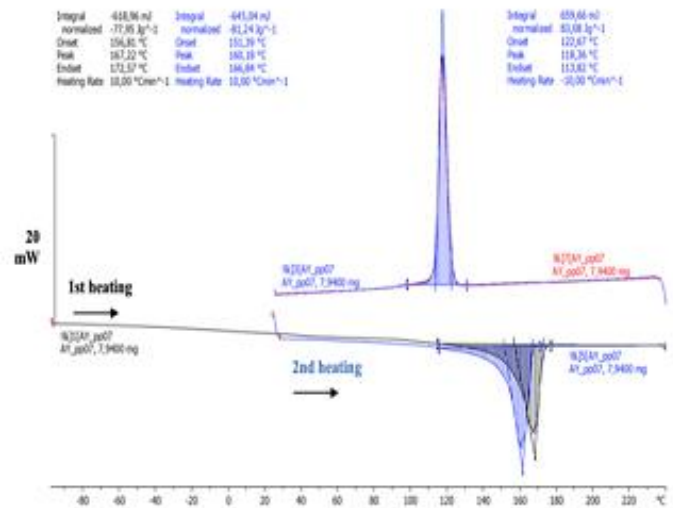


Fig 4b : DSC thermography of PP_07 DSC curves of temperature rise and cooling of a recycled Polypropylene, sample PP_07 ; heating /cooling rate : 10 K/min.

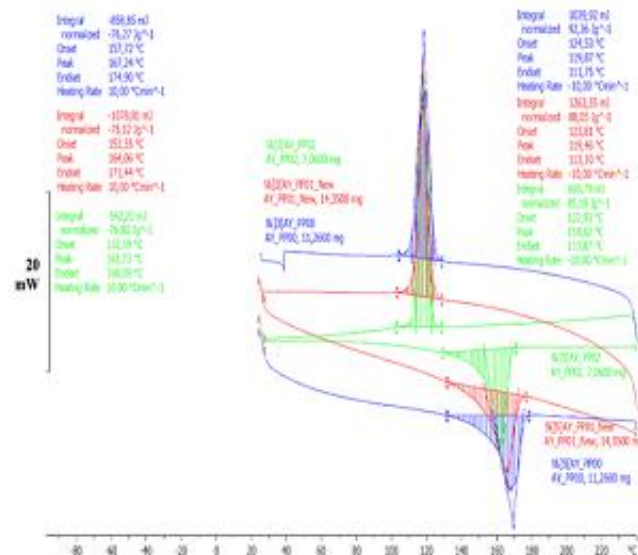


Fig 5 : DSC curves of temperature rise and cooling of different samples (PP_00, PP_01, PP_02) ; heating/cooling rate : 10 K/min.

4 CONCLUSION

At the end of this work, the curves all reveal a temperature peak around 120°C. This temperature is well within the temperature range necessary for cooking. Our PCM therefore has an exothermic behavior which is highlighted through the characterization by differential scanning calorimetric analysis. The element promotes this behavior is its crystallinity. Indeed, the size and distribution of the crystallites are all the more important and give the material an exothermic character. Indeed, the decrease in crystallinity leads to a decrease in the energy released by the recycled polypropylene during cooling. This could allow our appliance to go through several heating-cooling cycles before considering replacing the phase change material inside our cooker.

The perspective we consider through this study is the valorization of the rubber tree by the use of its product which is the rubber.

ACKNOWLEDGMENT

Authors thank the Laboratory of Tribology and Dynamics of Systems (LTDS) of Ecole Centrale Lyon (France) for its technical support.

REFERENCES

- [1] Wikipédia. (2020) Énergie renouvelable. Available from : http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_renouvelable
- [2] Sadeghi G, Mehrali M, Shahi M, Brem G, Mahmoudi A. Progress of experimental studies on compact integrated solar collector-storage retrofits adopting phase change materials. *Solar Energy*. 2022;237:62 – 95. Available from : <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.03.070>
- [3] Kouambla KA, Boya Bi BE, Gbaha P. Modeling and Simulation of a Parabolic Trough Solar Concentrator. *Engineering Physics*. 2021;5(2):54-62. Available from : doi: 10.11648/j.ep.20210502.14
- [4] Kabee AE, Harby K, Mohamed A, Amr E. Performance of the modified tubular solar still integrated with cylindrical parabolic concentrators. *Solar Energy*. 2020;204:181 – 189. Available from : <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.04.080>
- [5] Arbuzov YD, Evdokimov VM, Shepvalova OV. Theory of concentration distribution over the surface of axisymmetrical receiver in cylindrical parabolic mirror solar energy concentrator. *Energy Reports*. 2020; 6:380 – 394. Available from : <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.08.058>
- [6] Messaouda A, Hamdi M, Hazami M, Guizani AA. Analysis of an integrated collector storage system with vacuum glazing and compound parabolic concentrator. *Applied Thermal Engineering*. 2020; 169:114958. Available from : <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.114958>
- [7] Xia, En-Tong, Chen, Fei. Analyzing thermal properties of solar evacuated tube arrays coupled with mini-compound parabolic concentrator. *Renewable Energy*. 2020; 153:155–167. Available from : <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.02.011>
- [8] Chen X, Yang X. Heat transfer enhancement for U-pipe evacuated tube solar absorber by high-emissivity coating on metal fin. *Journal of Building Engineering*. 2022;50:104213. Available from : <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104213>
- [9] Vikova M, Sakurai S, Periyasamy AP, Yasunaga H, Pechočiaková M, Ujhelyiová A. Differential scanning calorimetry/small-angle X-ray scattering analysis of ultraviolet sensible polypropylene filaments. *Textile Research Journal*. 2021; Available from : doi:10.1177/00405175211053394
- [10] Babacar N, Abdou KF, Abdoul KM, Nicola S, Haroutioun A, Vincent V, Abdoulaye BD, Diène N, Bouya D. Comparative Study of Differential Scanning Calorimetry (DSC) Analysis and Rheology of HDPE-Typha and PLA-Typha Biocomposites and Photo-Aging of HDPE-Typha Biocomposites. *International Journal of Composite Materials*. 2022;12(1):1-9. Available from : doi: 10.5923/j.comaterials.20221201.01.
- [11] Joanna D, Dagmara J, Alicja S, Lech C. Characterization of polymers based on differential scanning calorimetry based techniques. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2019;110:51-56. Available from : <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.037>
- [12] Zuming J. Using DSC Studying the Relationship between Water Absorbency of Superabsorbent Polymer and Its Structure. 4th International Conference on Material Science and Technology IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 774 (2020). 012050. IOP Publishing. Available from : <https://doi.org/10.1088/1757-899X/774/1/012050>
- [13] Salazar-Cruz BA, Chávez-Cinco MY, Morales-Cepeda AB, Ramos-Galván CE, Rivera-Armenta JL. Evaluation of Thermal Properties of Composites Prepared from Pistachio Shell Particles Treated Chemically and Polypropylene Molecules. 2022;27:426. Available from : <https://doi.org/10.3390/molecules27020426>
- [14] Boparai KS, Singh R, Fabbrocino F, Fraternali F. Thermal characterization of recycled polymer for additive manufacturing application. *Composites Part B*. 2016; 106:42–47. Available from : <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.09.009>
- [15] Saxena P, Shukla P, Gaur M. (2021). Thermal analysis of polymer blends and double layer by DSC. *Polymers and Polymer Composites*. 2021;29(9):11–18. Available from : <https://doi.org/10.1177/0967391120984606>
- [16] Zainal, Nurul FA, Saiter, Jean M, Halim, Suhaila IA, Lucas, Romain, Chan, Chin H. (2021). Thermal analysis: basic concept of differential scanning calorimetry and thermogravimetry for beginners *Chemistry Teacher International*. 2021;3(2):59-75. Available from : <https://doi.org/10.1515/cti-2020-0010>
- [17] Hassen H, Majeed N, Mohsein H, Hassan E. (2020). Synthesis and Characterization of Monomer and Three Types of Polymers Containing Chalcone Groups in Main Chain. *Egyptian Journal of Chemistry*. 2020;63(11):4195-4203. Available from : doi: 10.21608/ejchem.2020.21287.2276

- [18] Indrajati IN, Dewi IR, Nurhajati DW. Thermal properties of thermoplastic natural rubber reinforced by microfibrillar cellulose. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018; 432:012038. Available from : doi:10.1088/1757-899X/432/1/012038
- [19] Dashtizadeh Z, Abdeali G, Bahramian AR, Alvar MZ. Enhancement of thermal energy absorption/storage performance of paraffin wax (PW) phase change material by means of chemically synthesized Ethylene Propylene Diene Monomer (EPDM) rubber network. Journal of Energy Storage. 2022; 45:103646. Available from :<https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103646>
- [20] Mert HH, Okay H, Mert MS. Form-stable n-hexadecane/zinc borate composite phase change material for thermal energy storage applications in buildings. Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2022; 50:101836. Available from : <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101836>

La problématique de la pratique du management des ressources humaines à la GENERALE DES CARRIERES ET DES MINES: Regard tourné sur l'opération départs volontaires de 2003

[The problem of the practice of human resources management at GENERALE DES CARRIERES ET DES MINES: A look at the voluntary departure operation of 2003]

MBALA BUKASA Lambert and BANGIMINA KABEMBA Alpo

Département des Sciences Politiques et Administratives, Faculté des Sciences Sociales, Politiques et Administratives, Université de Likasi, B.P. 1946, Likasi, RD Congo

Copyright © 2023 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 practice of human resources management appears visibly as a paramount parameter of productivity at Gécamines, if the role of this practice in the search for productivity is widely recognized the question of the variety and intensity of the links between its activities, the operation voluntary departures and productivity remains a subject of debate.

It has been shown in this study that the voluntary departure operation (ODV) as applied has not benefited from an in-depth study on the part of managers because managing is planning. This is what the managers of Gécamines have pretended to ignore, a lesser lesson in wisdom. Why did you fire agents without first taking into account the qualifications and the number per sector.

This leads us to find that a contrasting deficit in manpower and qualification was remarkable, hence the skills are scarce, or they are lacking where they are needed, mainly in the production and technical sector, and the productivity is far from being an obvious reality, because neglecting the human factor is ipso facto neglecting productivity.

KEYWORDS: Human resources management, voluntary departures, productivity.

RESUME: La pratique du management des ressources humaines apparaisse de manière visible comme un paramètre de première importance de productivité à la Gécamines, si le rôle de cette pratique dans la recherche de la productivité est largement reconnu la question de la variété et de l'intensité des liens entre ses activités, l'opération départs volontaires et la productivité demeure un sujet de débat.

Il a été démontré dans la présente étude, que l'opération départs volontaires (ODV) telle que appliquée n'a pas bénéficié d'une étude approfondie de la part des gestionnaires car, gérer c'est prévoir. C'est ce que les gestionnaires de la Gécamines ont fait semblant d'ignorer, une leçon de moins de sagesse. Pourquoi avoir mis à la porte des agents sans pour autant tenir compte au préalable des qualifications et du nombre par secteur.

Cela nous amène à trouver qu'un déficit contrasté en effectif et en qualification était remarquable, d'où les compétences sont peu nombreuses, ou elles manquent là où l'on en a besoin, principalement dans la production et le secteur technique, et la productivité est loin d'être une réalité évidente, car négliger le facteur humain, c'est ipso facto négliger la productivité.

MOTS-CLEFS: Management des ressources humaines, départs volontaires, productivité.

1 INTRODUCTION

La Gécamines fleuron de l'industrie minière congolaise, notamment du cuivre, du cobalt et du zinc, dont la production annuelle dépassait les 450000 tonnes de cuivre par an dans les années 1970–1980, a vu sa production chuter jusqu'à atteindre moins de 5% de

ce chiffre aujourd'hui. A la suite de cette chute de production, l'effectif des agents de l'entreprise estimé à plus de 25000 personnes, totalise jusqu'à 25 mois d'arriérés de salaires, la vétusté de son outil de production a contraint la Gécamines à prendre des mesures pour réduire les effectifs jugés pléthoriques par la banque mondiale comme préalable à son redressement.

Ainsi le 7 février 2003 le gouvernement congolais a adopté un schéma visant à faire bénéficier une dizaine de milliers d'agents de la Gécamines d'une procédure de départs volontaires.

Poussé par notre curiosité scientifique, nous avons cherché à comprendre dans cet article l'incidence de la pratique du management des ressources humaines sur la productivité à la Gécamines. Il sera donc question de relever le défi du management des ressources humaines dans l'opération départs volontaires avant d'entrevoir un faisceau d'espoir.

Pendant plus d'un siècle, la Gécamines a eu à jouer un rôle important dans le développement socio-économique de la République Démocratique du Congo en général et de l'ex-province du Katanga en particulier. Sa contribution très significative au trésor public fut de l'ordre de 70% dans la constitution du produit national brut et l'apport de la quasi-totalité des recettes en devise au budget de l'Etat lors des moments de prospérité de la Gécamines.¹

Le management des ressources humaines tend de plus en plus à prendre, dans les discours, la pratique et la recherche, une place centrale. Il devient au cœur des stratégies et de l'efficacité des organisations.

Cette montée en importance semble découler de ce qui pourrait tenir lieu de « morale de l'histoire » telle que l'ont relevé G.R. Terry et S.G. Franklin² pour qui « une entreprise se compose d'êtres humains qui se rassemblent pour tirer des avantages réciproques, et, l'entreprise est faite ou détruite par la qualité et le comportement des individus qui la composent (...) ». Ce n'est que par l'intermédiaire des ressources humaines que toutes les autres ressources peuvent être utilisées efficacement.

D'où, la nécessité de comprendre les contours du management des ressources humaines au travers de sa définition, son évolution, ses perspectives et ses principales activités (ou domaines d'action) liées à cette fonction. Il n'est pas question d'être exhaustif, mais, il s'agit plutôt de repérer et de tirer les évolutions théoriques et pratiques des éléments nécessaires à l'exercice efficace de cette fonction dans les organisations.

2 LE MANAGEMENT DES RESSOURCES HUMAINES

Le management a un caractère pluridisciplinaire et pluridimensionnel. Ce caractère fait qu'il n'épargne aucun secteur de la vie de l'homme sensée être organisée et organisante. Il s'agit de la complexité des styles de management. Ce caractère composite et compartimenté du management nous amène à une description sommaire des types de management pour situer le type en usage dans cet article, tout en sachant que les types de management se tiennent, s'enchevêtrent.

C'est pour cela que NSAMAN-O-LUTU et ATSHWEL-OKEL³ présentent la typologie de management comme suit:

Selon le secteur d'intervention (privé/public), on distingue: le management public, le nouveau management public, le management public territorial, le management privé,...

Selon le caractère (empirique/scientifique), on cite le management empirique et le management scientifique.

Selon le secteur d'activités, on classe le management économique, de santé publique, de développement (durable), de projet, de l'environnement, ecclésiastique et métaphysique, des réseaux et de télécommunications, des services,... Dans ce secteur d'activités, le management fournit les techniques, les méthodes et les stratégies pour l'efficacité, l'efficience et surtout la performance, le rendement ou la productivité.

Selon le champ d'action, on considère le management des entreprises et des organisations.

Selon les stratégies organisationnelles, on a le management systémique, stratégique, opérationnel, participatif, des conflits, de compétence (des ressources humaines), de survie, par objectifs, de proximité, de temps,...

¹ <http://www.gecamines.cd>

² TERRY, G.R. et FRANKLIN, S.G., *Les principes du management*, 8^{ème} Ed., S.E, S.L., p.3

³ NSAMAN-O-LUTU, O. et ATSHWEL-OKEL, O., *Comprendre le management : cultures, principes et contingences*, Kinshasa, Ed. CAPM, 2007

Il faut noter que le management des ressources humaines est à la fois une discipline scientifique et une pratique. De ce fait et au regard de la diversité des contextes socio-économiques de leurs développements, il existe une pluralité de définitions qu'il serait vain de restituer en totalité.

En tant que discipline scientifique⁴, le management des ressources humaines se veut comme une discipline des sciences sociales consistant à créer et mobiliser les savoirs variés utiles aux acteurs et nécessaires pour appréhender, négocier et tenter de résoudre les problèmes liés à la régulation du travail dans les organisations.

En tant que pratique, elle concerne une fonction de l'entreprise (la fonction ressources humaines) jouant un rôle spécifique dans la mission générale de l'organisation. Ce rôle est notamment de permettre à celle-ci de disposer en tout temps des ressources en hommes correspondant à ses besoins, en quantité et en qualité.

3 PROBLÉMATIQUE DU MANAGEMENT DES RESSOURCES HUMAINES

Il convient, avant d'aborder la problématique du management des ressources humaines, de le distinguer des autres notions qui lui sont antérieures et/ou complémentaires. Il s'agit de la gestion du personnel, de l'administration du personnel.

L'administration du personnel concerne le suivi administratif du personnel: paie, embauche, congés, retraites, etc. conformément aux lois et règlements en vigueur ainsi que des règles juridiques établies par l'organisation.

La gestion du personnel est la gestion des individus (la main d'œuvre) dans l'absolu, dans une perspective de court terme et d'ajustement sans référence aux besoins qualitatifs de l'organisation et aux intérêts professionnels des travailleurs. C'est sous ses deux aspects qu'apparaît la fonction dans les organisations.

Le management des ressources humaines intègre en dépassant les deux aspects. Il est, en effet, la gestion de l'adéquation des besoins et des ressources en hommes de l'organisation articulée aux besoins et intérêts professionnels des hommes, donc de l'adéquation hommes-emplois.

Comment assurer en tout temps cette adéquation au regard des mutations socio-économiques permanentes ? Telle est la problématique et le plus grand défi du management des ressources humaines.

Faire du management des ressources humaines, ce n'est pas sortir de la logique de l'organisation, dont la raison d'être est de fournir des biens ou des services à un environnement prêt à les accepter. Faire du management des ressources humaines, ce n'est pas non plus une activité de soutien social, d'aide ou d'animation du social. Ce peut l'être mais ce n'est pas que cela. Si une organisation a besoin de ressources humaines pour assumer son activité, la gestion des ressources humaines (GRH) a pour but d'opérer au mieux cette adéquation entre les attentes et les caractéristiques forcément différentes des personnes et d'une entreprise.

4 OPÉRATION DÉPARTS VOLONTAIRES À LA GÉCAMINES

L'opération départs volontaires s'inscrit dans le projet « compétitivité et développement du secteur privé » de la Banque Mondiale avec quatre composantes:

- Améliorer le climat de l'investissement;
- Mettre en œuvre la réforme des entreprises para publiques;
- Initiative de développement économique dans l'ex- province du Katanga;
- Coordination du projet et mise en œuvre de dispositif

L'opération départs volontaires a été entreprise dans le cadre de la composante 2 du projet ayant plusieurs volets:

- a) Créer un cadre réglementaire;
- b) Faciliter le désengagement de l'Etat des entreprises publiques;
- c) Financer le coût social de la réforme

⁴ Définition retenue par le groupe de réflexion épistémologique et prospective (GRHEP), cité par CADIN, I. et All., *La gestion des ressources humaines* (GRH), 42^{ème} Ed., Paris, DUNOD, p.23

Suite à la demande, le gouvernement congolais a reçu l'appui de la Banque Mondiale dans le cadre du « crédit de relance économique », pour la mise en place d'une assistance financière aux départs volontaires des travailleurs en situation de sureffectif à la Gécamines.

4.1 SYNTHÈSE EFFECTIFS OPÉRATION DÉPARTS VOLONTAIRES

	Directeurs						MOCA			Agents d'exécution						Total
	S4	S3	S2	S1	Sans charge	S/total Dir	Cadre	Maitrise	S/Total MOCA	Classe 4	Cl5	Cl 6	Cl7	Cl8m	S/tot	
I Partants volontaires	1	6	35	61	18	121	828	316	1144	793	1202	2950	4215	212	9372	10637
II agents ayant souscrit décédés ou licenciés										2	4	7	5		18	18
III Agents n'ayant pas souscrit	5	6	12	9	2	34	51	49	100	58	61	185	169	11	484	618
IV Demandes non retenues			1	1	2	3	2	5								7
V Demandes retenues après clôture							2		2			1			1	3
VI agents décédés avant l'ODV							4	1	5	1	1	6	7		15	20
VII (II) + (III) + (IV) + (V) + (VI)	5	6	13	9	3	36	60	52	112	61	66	199	181	11	518	666
VIII total bénéficiaires potentiels	6	12	48	70	21	157	888	368	1256	854	1268	3149	4396	223	9890	11303

Source: commission centrale DRH de suivi ODV. Gécamines

COMMENTAIRES

La synthèse effectif opération départs volontaires révèle que 11.303 agents bénéficiaires potentiels représentent les partants volontaires, les agents ayant souscrit et décédés ou licenciés, les agents n'ayant pas souscrit, les agents dont les demandes n'ont pas été retenues ou retenues après clôture ainsi que les agents décédés avant l'ODV.

Il en découle que 10.637 agents sont partants volontaires dont la grande majorité de souscription se retrouve dans le rang de la main-d'œuvre d'exécution avec 9372 agents et le reste dans le rang de la main-d'œuvre de cadre 1144 agents et directeurs avec 121 agents.

De ce point de vu, l'ODV de 2003-2004 ne fut pas seulement un drame social pour les travailleurs tant à l'interne qu'à l'externe, mais également le symbole de la fin d'une époque, celle du paternalisme industriel hérité de la colonisation.

Cependant, le facteur humain étant un élément important pour la pérennité d'une entreprise, certes les incidences négatives de l'applicabilité du management des ressources humaines sur la productivité sont visibles à travers la gestion des effectifs, laquelle gestion se caractérise par une mauvaise répartition des effectifs tant qualitativement que quantitativement.

En parcourant les données du tableau ci-dessus, nous constatons que sur un total général de 10636 partants volontaires par secteur, seul le secteur de production est plus affecté avec 4588 partants suivi du secteur fonctionnel avec 2927 partants et le secteur technique avec 2269 partants.

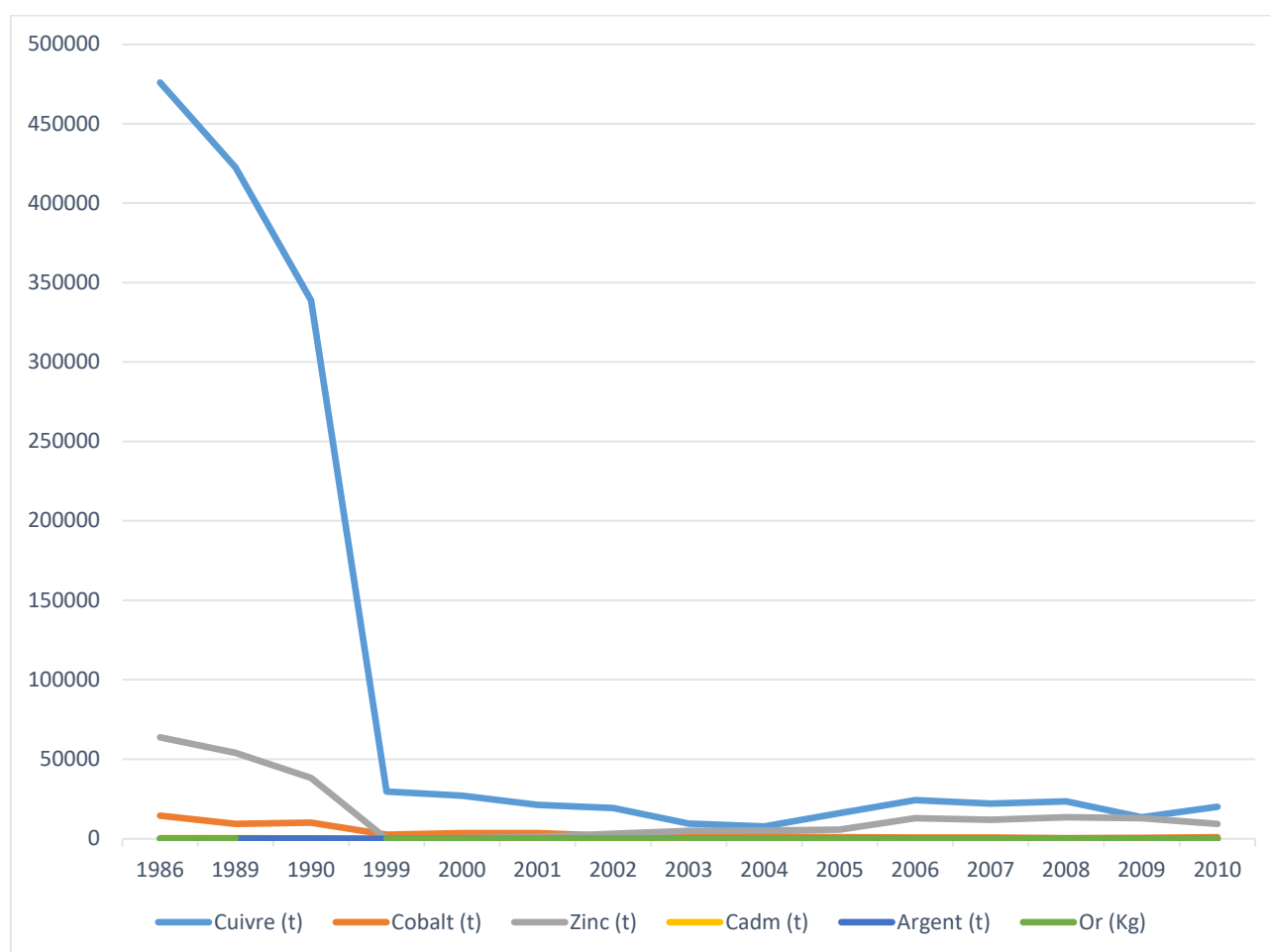
Eu égard à ce qui précède, il y a lieu de noter que l'objectif visé de l'opération départs volontaires a tourné autour de l'augmentation de la production de la Gécamines. Or, les secteurs où doit concrètement s'exécuter le travail de production et de maintenance de l'outil de production sont les plus affectés par les départs volontaires et cela a des répercussions sur la productivité que nous allons voir dans les pages qui suivent.

4.2 LES INCIDENCES DE L'OPÉRATION DÉPARTS VOLONTAIRES À LA GÉCAMINES

4.2.1 ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION À LA GÉCAMINES DEPUIS 1986 JUSQU'EN 2010

	Cuivre (t)	Cobalt (t)	Zinc (t)	Cadm (t)	Argent (t)	Or (Kg)
1986	476033	14518	63914	364	34,3	24
1989	422492	9311	54043	224	25	11
1990	338708	9981	38206	127	22,1	
1999	29632	2551	0	0	0	0
2000	27087	3547	214	0	0	0
2001	21188	3469	1014	0	0	0
2002	19261	1712	2987	0	0	0
2003	9370	1358	4885	0	0	0
2004	7689	1412	5068	0	0	0
2005	16038	945	5745	0	0	0
2006	24201	749	12836	0	0	0
2007	21958	650	11925	0	0	0
2008	23475	314	13523	0	0	0
2009	13367	495	12849	0	0	0
2010	20015	877	9223	0	0	0

Source: gestion et planification de production GPP (GCM)



COMMENTAIRE:

Une observation attentive de ce graphique montre que la production est tombée en chute libre d'une pointe de 476000 tonnes de Cuivre et 14.000 tonnes de Cobalt en 1986, avec 33.000 employés (soit une productivité de 14,4 tonnes par ouvrier, à 19.000 tonnes de Cuivre et 1800 tonnes de Cobalt en 2002, avec 23.730 employés (une productivité par ouvrier de 0,8 tonne).

Lorsque nous comparons la période la plus florissante de l'entreprise (1986) aux périodes successives de production, entre 1990 et 1999, nous trouvons que la chute libre de la production était liée fondamentalement à la déliquescence progressive du régime Mobutu, lequel a poursuivi des ponctions de plus en plus importantes sans renouveler l'outil de production d'une part, et les bailleurs de fonds qui ont suspendus le financement de suite des conflits sociopolitiques successifs d'autre part.

Pendant cette période, les salaires ne sont cependant plus payés régulièrement depuis juin 2001 et les arriérés s'accumulent (plus de 15 mois d'arriérés impayés) cela a affecté la production jusqu'en 2002. A partir de 2003 et 2004 la courbe a atteint le niveau le plus bas. Cette chute drastique de production se justifie par l'application de la politique initiée en 2003 appelée opération départs volontaires (ODV) qui avait affecté plus de 10000 agents dont nous faisons mention dans cet article. Une légère progression de production est remarquable jusqu'en 2008 suite à la gestion propre de SOFRECO, avec par la suite une évolution en dents de scie jusqu'en 2010.

La figure ci-dessus présente les tendances des courbes qui marquent un mouvement descendant du niveau de la production du Cuivre et du Cobalt. Comparée à celle de 1986, la réduction du Cuivre et celle du Cobalt de 2003 ont plongé respectivement de 98% et 85, 2%. De leurs côtés, les cours mondiaux du Cuivre ont chuté de 30% en 2003 par rapport à 1990.

De ce qui précède, il y a lieu de noter que l'évolution des courbes de ces deux principaux métaux et sinusoïdale et en continue baisse. Par rapport à cet effondrement de la production, les effectifs ne se sont pas ajustés à cette situation. Comparés à leur situation en 1990, les effectifs n'ont diminué que de 35% en 2002 et de 65% en 2003 et 2004. Comme on peut l'observer à travers le tableau sur l'évolution des effectifs, cette asymétrie entre la production et le volume de l'emploi a eu pour conséquence, l'effondrement de la productivité par actif employé qui a chuté de 14 tonnes en 1990 à seulement 1 tonne en 2004.

On peut dès lors s'imaginer en combinant les éléments de ce tableau avec les données de l'évolution de la production de la Gécamines, les difficultés encourues par celle-ci pour faire face à de telles charges du personnel.

4.2.2 EVOLUTION DES EFFECTIFS DE 2000 À 2017

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
MOE	21687	20336	20489	10900	10623	10334	7845	7221	7718	7967	7970	7928	7691	7456	7306	6879	5851	5836
MOCA	2919	3019	3044	1736	1703	1681	1488	1634	1615	1646	1705	1675	1678	1710	1684	1775	1434	1429
MOCE	89	84	72	68	62	60	41	32	32	7	7	11	11	10	9	9	10	10
MOC	3008	3103	3116	1804	1765	1741	1529	1666	1647	1653	1712	1686	1689	1720	1693	1784	1444	1439
TOTAL GCM	24695	23469	23605	12704	12388	12075	9374	8887	9365	9620	9682	9614	9380	9176	8999	8663	7295	7275

Source: Direction Des Ressources Humaines GCM SA

COMMENTAIRE

De 24.695 en 2000, l'effectif est passé à 23.469 au 31 décembre 2001 suite à l'affectation du personnel Gécamines à KMC (KABAMBAKOLA MINING COMPAGNY) et à l'intégration à la Gécamines du personnel de l'ex-CEPEC.

De 23.469 en 2001, l'effectif est passé à 23.605 en 2002 à cause de la reprise par la Gécamines du siège de kambove. De 23.605 en 2002, l'effectif est passé à 12704 au 31 décembre 2003 suite à l'opération départ volontaire (ODV). En 2006 il y a eu sortie des effectifs KOL et DCP. Alors que de 8.887 en 2007 l'effectif total est passé à 9365 au 31. Décembre 2008 suite à l'engagement des ex-agents MOR des sièges de production dans les groupes centre et ouest (US, CCC, KVE, FEP, EMT et FCO).

En outre de 9365 en 2008, l'effectif est passé à 9620 au 31 décembre 2009 suite à la reprise des ex-agents DCP du siège de KZC et l'intégration des effectifs des représentations de la DG à l'extérieur.

De 9614 en 2011, l'effectif total est passé à 9380 au 31 décembre 2012 suite à la cession à GCK (Grande Cimenterie du Katanga) du personnel du siège CCC.

De 9380 en 2012, l'effectif total est passé à 9176 au 30/06/2013 suite à la cession à KICO (Kipushi Corporation) du siège de KHI. Prenons l'année 2015 où nous trouvons qu'il y a eu diminution des effectifs suite à l'application à domicile des agents éligibles à la retraite légale.

Enfin, en 2016, la diminution des effectifs suite à l'application du plan social par la sortie des agents placés à domicile (des agents éligibles à la retraite légale) et de la première vague des agents éligibles à la fin de carrière anticipée. A l'allure où vont les choses, nous avons tendance à confirmer que la pyramide des effectifs est en train de se renverser progressivement.

5 LA PRATIQUE DU MANAGEMENT DES RESSOURCES HUMAINES À LA GÉCAMINES

La gestion des ressources humaines désigne l'ensemble des moyens mis en œuvre pour garantir en permanence à l'entreprise une adéquation entre ses ressources et ses besoins en personnel, sur le plan quantitatif comme sur le plan qualitatif. Comme nous l'avons dit plus haut que le management des ressources humaines tend de plus en plus à prendre dans la pratique une place centrale. Il devient au cœur des stratégies et de l'efficacité des organisations.

La réponse à la question posée dans cette étude démontre que l'incidence de l'opération départs volontaires sur la productivité est négative, cela est visible à travers ce déficit contrasté en effectif et en qualification qui est remarquable, les compétences sont peu nombreuses, ou elles manquent là où l'on en a besoin, principalement dans le secteur production et technique.

Si la répartition des effectifs tant qualitativement que quantitativement par rapport aux secteurs, niveau de formation et taux d'occupation des emplois est mal défini, il sera tentant dès lors de dégrader les relations humaines au travail.

5.1 LA RÉPARTITION DES EFFECTIFS À LA GÉCAMINES

5.1.1 UNE PLÉTHORE DES EFFECTIFS MAL DISTRIBUÉE PAR RAPPORT AU PROGRAMME, ET NIVEAU DE PRODUCTION: RÉPARTITION PAR NIVEAU DE FORMATION ET PAR SECTEUR

Secteur Niveau	PRODUCTION			TECHNIQUE			FONCTIONNEL			SOCIAL			AGRO INDUSTRIEL			TOTAL			%
	Moc	Moe	Tot.	Moc	Moe	Tot.	Moc	Moe	Tot.	Moc	Moe	Tot.	Moc	Moe	Tot.	Moc	Moe	Tot.	
Primaire		1063	1063		738	738		463	463		393	393		36	36	0	2693	2693	28%
Secondaire Professionnel Et Technique	49	1704	1753	96	720	816	63	562	625	148	593	715	9	37	46	365	3616	3981	42%
Secondaire General	37	396	433	43	245	288	179	720	899	17	272	289		16	16	276	1649	1925	20%
Ingénieur Tech Et Gradué Tech	10		10	34		34	46		46	31		31	7		7	128	0	128	10%
Autres Gradués	61		61	25		25	126		126	131		131	10		10	353	0	353	
Licenciés	20		20	47		47	244		244	78		78	12		12	401	0	401	
Ingénieurs civils	32		32	53		53	33		32	0		0	1		1	118	0	118	
Médecins			0			0	2		2	43		43			0	45	0	45	
Docteurs			0	1		1	6		6			0			0	7	0	7	
Total	209	3163	3372	298	1703	2001	698	1745	2443	448	1258	1706	39	89	128	1692	7958	9650	100%

Source: Diagnostic ressources humaines.

Il ressort de ce tableau qu'une pléthore des effectifs mal distribuée par rapport aux programmes et niveau de production. 10% de la population Gécamines Sarl ont fait des études supérieures et universitaires; 62% de la population active Gécamines Sarl sont constitués des professionnels et techniciens ainsi que des qualifications apparentées (42% pour les professionnels et techniciens, 20 % ayant une base secondaire générale, 28% de la main d'œuvre est peu scolarisée (niveau primaire), cela donne l'indication que près du tiers des emplois Gécamines fait encore recours à ce niveau de formation.

Avec l'avènement de la modernisation, ce niveau de formation disparaîtra progressivement au profit des qualifications plus pointues. 33 ingénieurs civils sur un total de 118 sont dans le fonctionnel, alors que la production et le technique en manquent. 61% d'ingénieurs techniciens et autres gradués techniques sont dans le fonctionnel et social.

5.1.2 TAUX D'OCCUPATION DES EMPLOIS DE 1ER ET 2EME NIVEAU /MAITRISE PAR SECTEUR: LA FAIBLESSE

SECTEUR NIVEAU EMPLOIS	Production			Technique			Fonctionnel			Social			Agro industriel			Total		
	Postes organisés	Postes pourvus	Postes à pourvoir	Postes organisés	Postes pourvus	Postes à pourvoir	Postes organisés	Postes pourvus	Postes à pourvoir	Postes organisés	Postes pourvus	Postes à p pourvoir	Postes organisés	Postes pourvus	Postes à pourvoir	Postes organisés	Postes pourvus	Postes à pourvoir
Maitrise gestion 2	75	52	23	73	48	25	69	36	33	56	41	15	11	5	6	284	182	102
Maitrise soutien 2	50	19	31	77	37	40	226	105	121	77	55	22	16	11	5	446	227	219
Maitrise Gestion 1	178	40	138	163	38	125	46	31	15	156	71	85	1	0	1	544	180	364
Maitrise Soutien 1	19	10	9	51	17	34	91	44	47	235	201	34	3	2	1	399	274	125
Total	322	121	201	364	140	224	432	216	216	524	368	156	31	18	13	1673	863	810
Taux	100%	38%	62%	100%	38%	62%	100%	50%	50%	100%	70%	30%	100%	58%	42%	100%	52%	48%

Source: Plan Stratégique de développement de la Gécamines 2012-2016

Le tableau ci-haut nous donne les proportions des postes réellement tenus par les agents de maitrise (contremaitres, chef de poste et chef de secteurs).

Nous disons que le taux d'occupation des emplois de 1^{er} et 2^{ème} niveau maitrise par secteur connaît une faiblesse. Les secteurs techniques et de production sont peu fournis tandis que le secteur d'appui fonctionnel et le secteur bénéficiaire (social) sont comparativement les mieux fournis quantitativement et qualitativement.

Un déficit contrasté en effectif et en qualification: les compétences sont peu nombreuses, où elles manquent là où l'on en a besoin, principalement dans la production et le secteur technique où notamment le niveau des contremaitres (MG2) manque des vrais animateurs expérimentés. Le niveau des chefs de postes (MG1) manque également des chefs compétents capables de relayer et d'appliquer les ordres des contremaitres. Ces postes sont tenus à 62 %, par des agents d'exécution hautement qualifiés ou qualifiés.

Comme toute entreprise de production minière et métallurgique, Gécamines devrait se reposer sur le travail des contremaitres, des chefs de poste, des chefs de sections et leurs soutiens, capables de comprendre et de faire exécuter et exécuter eux-mêmes intelligemment et vigoureusement les instructions de la hiérarchie (ingénieurs).

Or, ce niveau où doit concrètement s'exécuter le travail de production et de maintenance de l'outil de production n'est étoffé qu'à concurrence de 38 %, soit 261 contremaitres, chefs de postes, chefs de sections et autres agents de soutien (agents planning, gestion matériel, dessinateurs professionnels,...) sur les 686 postes prévus, 62% des postes restant sont soit vacants, soit occupés par des agents de la main d'œuvre d'exécution.

En outre, la plupart de ces agents ont accédé à leurs postes sans avoir bénéficié d'une formation suffisante, notamment sur le tas, du fait du long arrêt et/ ou du ralentissement des activités de production. Cette situation affecte particulièrement le secteur technique et de production.

5.1.3 EMPLOI DE NIVEAU CADRE (INGÉNIEUR CHEF DE SERVICE): TAUX D'OCCUPATION ET RÉPARTITION PAR SECTEUR

SECTEUR NIVEAU EMPLOI	PRODUCTION			TECHNIQUE			TOTAL		
	Postes Organisés	Postes pourvus	Postes à pourvoir	Postes Organisés	Postes pourvus	Postes à pourvoir	Postes Organisés	Postes pourvus	Postes à pourvoir
CG1	52	24	28	64	30	34	116	54	62
TAUX	100%	46%	54%	100%	47%	53%	100%	47%	53%

Source: Plan stratégique de développement de la Gécamines 2012-2016

Avec un déficit de plus de 50 %, les ingénieurs chefs de service sont obligés de superviser 2 à 3 services et dans certains cas, d'assumer la fonction contremaître là où il y a un manque. Pour certaines entités de la production et de technique, le responsable de la division supervise directement des contremaîtres suite au manque d'ingénieurs chefs de service.

Un programme prioritaire devra viser une correction urgente de cette situation.

6 CONCLUSION

Cependant nous pensons avoir posé les jalons d'une réflexion qui confirme que la pratique du management des ressources humaines ne peut pas à elle seule impacter la productivité tant que le facteur humain ne sera pas convenablement intégré dans le système opérationnel de l'entreprise.

Nous avons relevé le contexte des incidences négatives liées à la gestion des ressources humaines caractérisée par la mauvaise répartition des effectifs tant qualitativement que quantitativement par rapport aux secteurs, aux niveaux de formation et aux taux d'occupation des postes.

Un déficit contrasté en effectif et en qualification est remarquable car les compétences sont peu nombreuses, ou elles manquent là où l'on en a besoin. Nous avons noté que derrière la gestion de cet opérateur minier de grande envergure en faillite, comme du reste derrière cette opération départs volontaires, il y a un groupe d'intérêts divergents à bousculer et la non prise en compte des relations humaines à travers la qualité du climat social, la reconnaissance des individus au travail et la motivation au travail sont des aspects à ne pas occulter.

Bref, les incidences sont négatives bien qu'elles ont été adoucies à courte durée par la gestion propre à PAUL FORTIN, cependant, l'effectivité de la productivité dans l'opération départs volontaires est loin d'être une réalité évidente.

Par ailleurs, il nous est permis d'entrevoir un faisceau d'espoir dans la mesure où le Congo, et en particulier les provinces du grand Katanga dans lesquelles œuvre la Gécamines, regorgent des potentialités minières énormes comme nous l'apprend la géographie du pays.

Nous ne sommes cependant pas d'avis de dire que la Gécamines est morte, mais nous croyons que si elle respectait ces quelques suggestions énumérées infra, elle pourrait reprendre de l'altitude dans la gestion efficace et efficiente des ressources humaines.

La création d'une structure transversale comprenant des experts expatriés et experts nationaux capables de mettre sur pied une pratique du management des ressources humaines organisée qui repose sur une gestion prévisionnelle de l'emploi et un système d'évaluation du personnel. Elle nécessite des prévisions, une préparation minutieuse et une étude de répercussions. Cette pratique utilisera des plans de remplacements et ajustements pour un certain nombre de postes de responsabilité. Quoiqu'il en soit, il est possible par les mesures d'ajustement interne prises par secteurs, d'influencer une adaptation des effectifs compatibles avec le niveau de production visée.

REFERENCES

- [1] Définition retenue par le groupe de réflexion épistémologique et prospective (GRHEP), cité par CADIN, I. et All., *La gestion des ressources humaines* (GRH), 42^{ème} Ed., Paris, DUNOD.
- [2] <http://www.gecamines.cd>.
- [3] NSAMAN-O-LUTU, O. et ATSHWEL-OKEL, O., *Comprendre le management: cultures, principes et contingences*, Kinshasa, Ed. CAPM, 2007.
- [4] TERRY, G.R. et FRANKLIN, S.G., *Les principes du management*, 8^{ème} Ed., S.E, S.L., p.3.

L'accompagnement comme mécanisme de formation continue des professeurs au Maroc: Cas de l'académie régionale de l'éducation et de la formation Rabat Salé Kenitra

[Accompaniment as a Mechanism for Teachers' Continuous Training in Morocco: Case of the Regional Academy of Education and Training Rabat Salé Kenitra]

Arharbi Rachid¹ and Belhaj Laila²

¹Laboratoire: Education, culture, arts et didactique de la langue et de la littérature françaises (ECADLLF), Université Mohammed V, Faculté des sciences de l'éducation, étude doctorale analyse et évaluation des systèmes d'éducation et de formation, Rabat, Morocco

²Professeur habilité, Laboratoire: Education, culture, arts et didactique de la langue et de la littérature françaises (ECADLLF), Université Mohammed V, Faculté des sciences de l'éducation, étude doctorale analyse et évaluation des systèmes d'éducation et de formation, Rabat, Morocco

Copyright © 2023 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: Teacher training in Morocco is considered one of the most essential elements of all reforms of the Moroccan education system. In view of the increasing number of schoolteachers recruited in recent years, coupled with the use of regional employment that has replaced the short experience of contract employment, the issue of teacher training has become even more important, whether it be initial or in-service training, to professionalize the sector. If initial training is carried out in training centers dedicated to this mission, continuing education takes several forms (continuing education cycles, pedagogical meetings, accompaniment...). Our objective was to focus on one of the mechanisms of continuing education adopted in Morocco, namely «coaching and learning by doing». Building on the study and analysis of the quantitative evolution of the number of accompanying teachers and accompanied teachers within the Regional Academy of Education and Training Rabat Salé Kenitra since 2015, and a study conducted via a questionnaire addressed to the teachers concerned, we were able to notice that considerable efforts have been made and a satisfaction among the «accompanied», however, there are still components that need to be developed by the concerned authorities.

KEYWORDS: Continuing training; accompaniment; professionalization; educational reform; pedagogical innovation.

RESUME: La formation des professeurs au Maroc est considérée comme un pilier incontournable dans toutes les réformes du système éducatif marocain. Devant le nombre croissant des professeurs de l'enseignement scolaire recrutés ses dernières années et le recours à l'emploi régional qui a remplacé la courte expérience de l'emploi par contrat, le sujet de la formation des professeurs a encore pris de l'ampleur, qu'il s'agisse de la formation initiale ou continue et ce dans un souci de professionnalisation du métier. Si la formation initiale s'effectue dans des centres de formation dédiés à cette mission, la formation continue prend plusieurs formes (cycles de formation continue, rencontres pédagogiques, accompagnement...). Notre objectif était de mettre sous la lumière l'un des mécanismes de formation continue adopté au Maroc, à savoir «l'accompagnement et l'apprentissage par la pratique». A partir de l'étude et l'analyse de l'évolution quantitative des nombres des professeurs accompagnateurs et des professeurs accompagnés au sein de l'Académie Régionale d'Education et de Formation Rabat Salé Kenitra depuis 2015, et d'une étude réalisée via un questionnaire adressé aux professeurs concernés, nous avons pu noter qu'il y a des efforts considérables qui sont déployés et un degré de satisfaction positif chez les «

accompagnés», mais nous avons également relevé des point sur lesquelles les autorités compétentes doivent encore porter plus d'attention.

MOTS-CLEFS: Formation continue; accompagnement; professionnalisation; réforme éducative; innovation pédagogique.

1 INTRODUCTION ET CONTEXTE

La formation des professeurs a toujours occupé une place centrale dans tous les débats menés autour de la réforme du système éducatif marocain. En effet, et ce depuis l'indépendance du pays en 1956, la formation des professeurs, qu'il s'agisse de la formation initiale ou continue, est considérée comme un levier essentiel à toute réforme escomptée. Si les premières années après l'indépendance étaient marquées par un grand élan de « marocanisation » des cadres pédagogiques à tous les niveaux, guidé par un soucis quantitatif marqué par la nationalisation des cadres et le remplacement du personnel étranger par des enseignants et des superviseurs de nationalité marocaine (Chafiki 2011¹), Le souci de la qualité du corps enseignant et l'amélioration du dispositif sa formation est devenu de plus en plus persistant au fil du temps.

ETABLISSEMENTS DE FORMATION INITIALE:

Trois types d'établissements furent dédiés, à la formation des enseignants selon le cycle d'enseignement scolaire sous tutelle du ministère de l'éducation nationale:

- Les centres de formation des instituteurs (CFI), créés en 1956, étaient les premières structures mises en place pour la formation des enseignants au Maroc. Leur mission était la formation des enseignants du primaire;
- Les centres pédagogiques régionaux, créés en 1970, avaient pour mission d'assurer la formation des professeurs du cycle collégiale;
- Les écoles normales supérieures (ENS), Initialement appelées " instituts pédagogiques pour l'enseignement secondaire", elles ont pris le nom d'ENS en 1963 et avaient comme mission la formation des professeurs du lycée et des agrégés

A partir de l'année 2000, des changements institutionnels et organisationnels ont été introduits dans le volet de la formation des professeurs². En effet, la charte nationale de l'éducation et de la formation (CNEF) qui a orienté la réforme du système éducatif marocain lancée en 2000 a consacré son treizième levier, entre autres, au perfectionnement de la formation continue des professeurs et à l'amélioration de leurs conditions de travail.

Les ENS qui dépendent des universités assuraient encore la formation initiale, au moment où les centres régionaux des métiers de l'éducation et de la formation (CRMEF) qui ont remplacé les CFI et les CPR devaient assurer une formation appelée "qualifiante" et "professionnalisante". Les CRMEF sont, d'après leur décret de création³, des établissements de l'enseignement supérieur qui ne dépendent pas de l'université, ils sont mis sous la tutelle de l'autorité gouvernementale chargée de l'enseignement scolaire. On assiste dernièrement à une implication accrue des universités avec la création des filières universitaires en éducation.

¹ Fouad Chafiki, Abdelkrim Alagui, Réforme éducative au Maroc et refonte des curricula dans les disciplines scientifiques, Carrefours de l'éducation, 2011 (HSn°1), PP 29-50.

² Miloud Lahchimi, La réforme de la formation des enseignants au Maroc, Revue internationale d'éducation de Sèvres, N°69, septembre 2015, pp21-26

³ Décret n° 2-11-672 du 27 moharrem 1433 (23 décembre 2011) portant création et organisation des centres régionaux des métiers de l'éducation et de la formation.

L'ACCOMPAGNEMENT COMME MOYEN DE FORMATION CONTINUE DES PROFESSEURS AU MAROC:

L'accompagnement comme mécanisme de formation continue des professeurs au Maroc n'est apparu sous sa version actuelle qu'en 2015 avec la mise en œuvre de la vision stratégique 2015-2030. En effet, l'accompagnement a fait sa première apparition avec la note ministérielle 135⁴ et ne concernait que le cycle primaire.

Un an plus tard la note 95⁵ a élargi le procédé d'accompagnement aux trois cycles scolaires en explicitant les tâches du professeur accompagnateur et les conditions de candidature pour cette mission. Un guide d'accompagnement a été mis en place par le ministère de tutelle afin de tirer au clair, le plus possible, le rôle du professeur accompagnateur ainsi que les différentes relations qu'il aura à établir avec son entourage administratif, pédagogique et professionnel.

La vision stratégique 2015-2030⁶ a introduit le mécanisme de l'accompagnement et la formation par la pratique à travers le projet 9 dans un contexte de professionnalisation du métier de professeur, et ce en visant trois principaux objectifs⁷:

- Une formation continue solide et professionnalisante,
- Une formation continue qui satisfait les besoins du terrain et qui répond aux besoins imposés par les nouveautés,
- Le suivi sur le terrain afin d'appuyer, de soutenir et d'encourager l'innovation

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude a été réalisée en deux étapes:

- 1- Etude et analyse quantitatives de l'évolution des nombres des professeurs accompagnateurs et des professeurs bénéficiaires de l'accompagnement dans l'Académie Régionale d'Education et de Formation Rabat Salé Kenitra dans durant les cinq dernières années;
- 2- Une étude par le biais de deux questionnaires. Le premier est destiné aux professeurs accompagnateurs afin de mettre l'accent sur les tâches qu'ils effectuent et également sur les éventuelles contraintes qu'ils peuvent affronter sur le terrain lors de l'exercice de leur mission (**questionnaire N°1**). Le deuxième est destiné aux professeurs bénéficiaires de l'accompagnement afin de voir leur degré de satisfaction et de collecter leurs propositions d'amélioration du mécanisme de l'accompagnement (**questionnaire N°2**).

Nous avons choisi l'Académie régionale de Rabat salé Kenitra pour illustrer notre travail, et ce pour plusieurs raisons:

- D'abord c'est une académie qui comporte un nombre respectable de directions provinciales (7) 8 avec une représentativité des deux milieux rural et urbain,
- Sa proximité avec le siège du ministère de l'Education Nationale fait d'elle un terrain fertile pour l'expérimentation des innovations pédagogiques,
- Elle figure parmi les académies qui ont fourni de grands efforts pour mettre en œuvre le projet de "l'accompagnement et de la formation par la pratique" au niveau national,
- Elle a recruté plus de 10.000 nouveaux professeurs dans le cadre de l'emploi régionale pendant les cinq dernières années.

Nous avons ciblé comme population des professeurs qui ont soumis leurs candidatures pour exercer la mission de professeurs accompagnateurs, mais aussi des professeurs qui ont exprimé le souhait de bénéficier de l'accompagnement, tous cycles confondus.⁹

⁴ Note ministérielle 135-15 en date du 11 décembre 2015

⁵ Note ministérielle 95-16 en date du 03 novembre 2016

⁶ Conseil Supérieur de l'Education et de la Formation, Pour une école d'équité et de qualité, vision stratégique 2015-2030, Rabat, 2015

⁷ Note cadre numéro 99*15 en date du 12 octobre 2015 relative à la mise en œuvre de la vision stratégique 2015-2030

⁸ Les sept directions provinciales de l'académie Rabat-Salé-Kenitra sont : Rabat, Salé, Kenitra, Skhirat-Temara, Sidi Kacem, Sidi Slimane, et Khemisset.

⁹ Le système scolaire marocain se constitue de trois cycles : le primaire le collégial et le qualifiant.

Chacun des deux questionnaires est composé de trois parties:

- La première partie dans les deux questionnaires concerne les informations générales,
- La deuxième partie du questionnaire adressé aux accompagnateurs concerne les tâches qu'ils effectuent et les difficultés qu'ils ont rencontrées, au moment où la deuxième partie du questionnaire destiné aux "accompagnés" s'est intéressée à leur degré de satisfaction,
- La troisième partie des deux questionnaires concerne les propositions d'amélioration du mécanisme de l'accompagnement et les perspectives de travail.

3 RÉSULTATS

3.1 ÉVOLUTION DES NOMBRES DE PROFESSEURS ACCOMPAGNATEUR ET DES PROFESSEURS ACCOMPAGNÉS

D'après les résultats réalisés au cours des cinq dernières années (**tableaux de 1 à 3**), nous pouvons constater qu'il y a une évolution dans le nombre des professeurs accompagnateurs ainsi que dans le nombre des bénéficiaires de l'accompagnement dans les trois cycles, ce qui se reflète sur le bilan global de l'académie (**tableau 4**).

Tableau 1. Bilan de l'accompagnement au cycle primaire

Années	Nombre de professeurs accompagnateurs	Nombre de professeurs bénéficiaires de l'accompagnement	Nombre globale des professeurs du cycle	Pourcentage des bénéficiaires (%)
2019	38	323	12560	2,57%
2020	74	550	12670	4,34%
2021	106	820	12688	6,46%
2022	143	1110	12751	8,71%
2023	177	1527	12740	11,99%

Tableau 2. Bilan de l'accompagnement au cycle collégial

Années	Nombre de professeurs accompagnateurs	Nombre de professeurs bénéficiaires de l'accompagnement	Nombre globale des professeurs du cycle	Pourcentage des bénéficiaires (%)
2019	15	140	5981	2,34%
2020	36	359	5939	6,04%
2021	77	706	6017	11,73%
2022	108	990	6018	16,45%
2023	130	1440	6017	23,93%

Tableau 3. Bilan de l'accompagnement au cycle qualifiant

Années	Nombre de professeurs accompagnateurs	Nombre de professeurs bénéficiaires de l'accompagnement	Nombre globale des professeurs du cycle	Pourcentage des bénéficiaires (%)
2019	23	188	6160	3,05
2020	61	500	6254	7,99
2021	90	760	6253	12,15
2022	123	1030	6254	16,47
2023	153	1250	6249	20,00

Tableau 4. Bilan de l'accompagnement tous cycles confondus

Années	Nombre de professeurs accompagnateurs	Nombre de professeurs bénéficiaires de l'accompagnement	Nombre globale des professeurs du cycle	Pourcentage des bénéficiaires (%)
2019	76	651	24701	2,64%
2020	171	1409	24863	5,67%
2021	273	2286	24958	9,16%
2022	374	3130	25023	12,51%
2023	460	4217	25006	16,86%

Ainsi, le nombre des professeurs accompagnateurs a connu une nette évolution (**figure 1**) en passant de 76 en 2019 à 460 en 2023, ainsi que le nombre des bénéficiaires de l'accompagnement qui est passé de 651 à 4217 au titre des mêmes années (**figure 2**). Le pourcentage des professeurs ayant bénéficiés de l'accompagnement est passé de 2.73% en 2019 à 16.86% en 2023 (**figure 3**) et ce malgré la stabilité relative dans l'effectif global des enseignants.

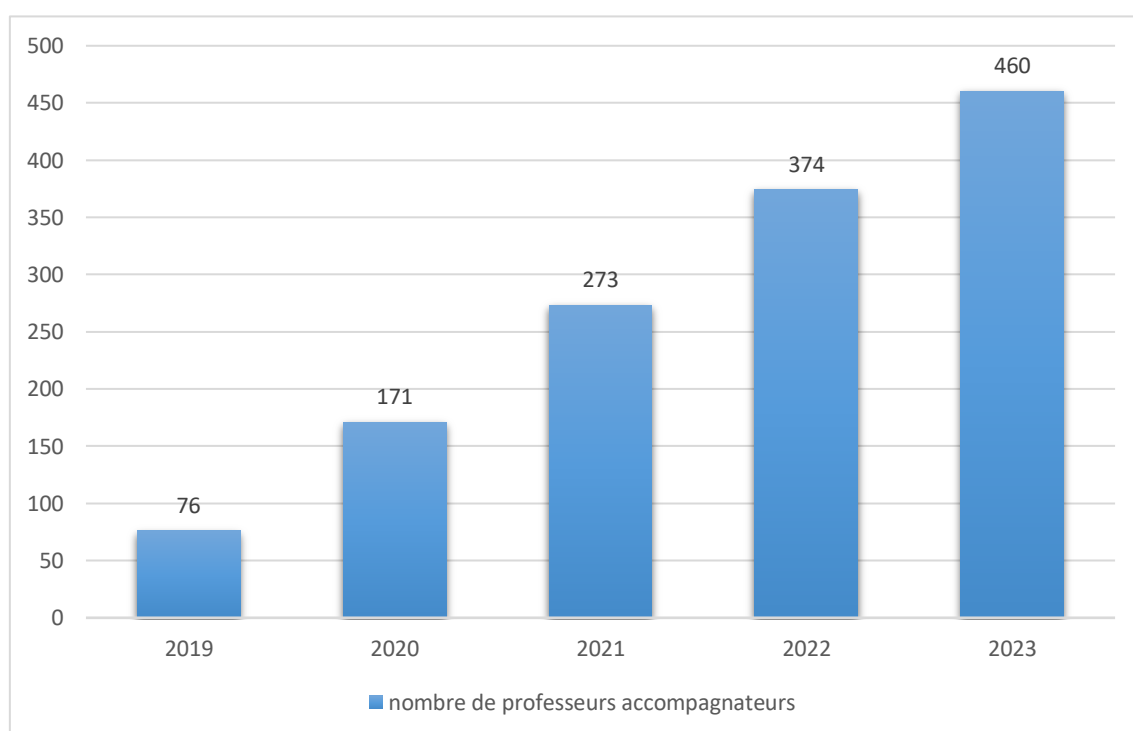


Fig. 1. Évolution du nombre des professeurs accompagnateurs entre 2019 et 2023

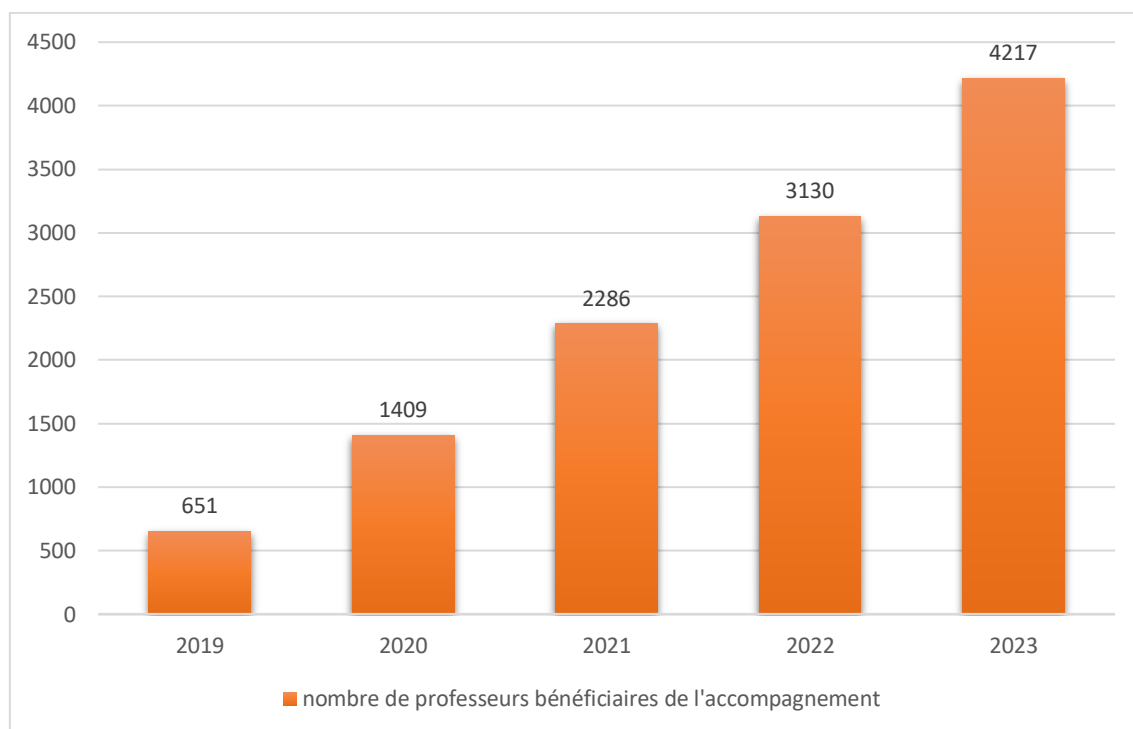


Fig. 2. Évolution du nombre des professeurs accompagnés entre 2019 et 2023

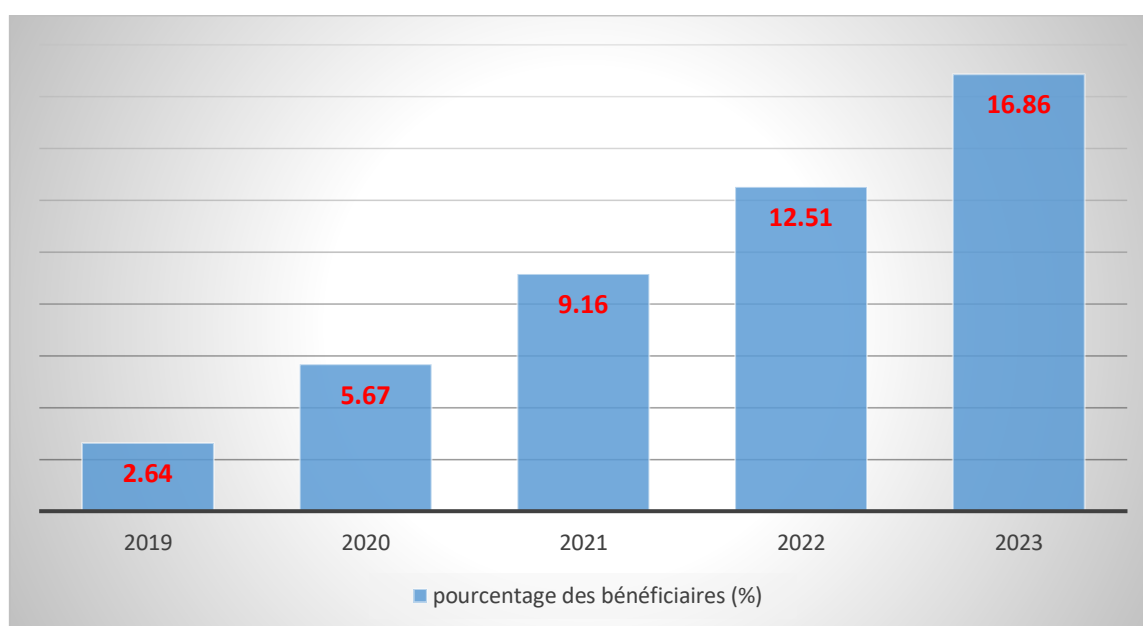


Fig. 3. Évolution du pourcentage du bénéficiaire entre 2019 et 2023

Cette évolution n'est pourtant pas la même dans tous les cycles. Quoique les résultats soient en croissance dans les trois cycles durant la période allant de 2019 à 2023, on remarque que l'évolution se fait avec un rythme inférieur au primaire par rapport aux cycles collégial et qualifiant (**figure 4**): Le nombre d'accompagnateurs a progressé pendant les cinq dernières années de 505% au collégial et de 766% au qualifiant contre seulement 365% au primaire. Quant au nombre de bénéficiaires de l'accompagnement, on peut constater que le taux d'évolution au primaire qui est de 372% demeure le plus bas durant la même période par rapport au taux constaté dans les autres cycles, à savoir des taux d'évolution de, au 928% dans le collégial et de 574% au qualifiant.

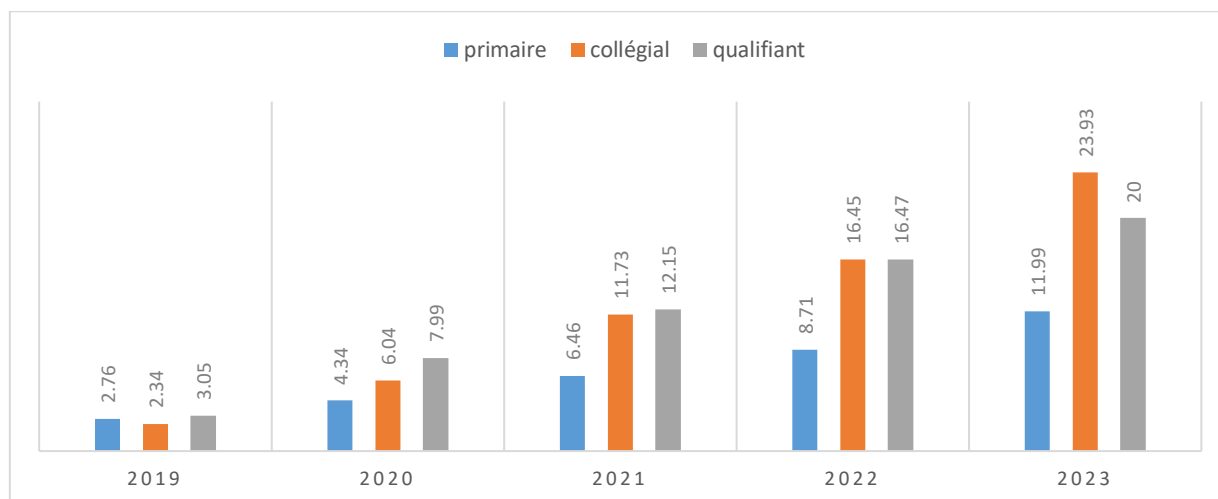


Fig. 4. Évolution du pourcentage des bénéficiaires entre 2019 et 2023- selon les cycles

3.2 RÉSULTATS DES QUESTIONNAIRES

3.2.1 RÉSULTATS DU QUESTIONNAIRE DESTINÉ AU ACCOMPAGNATEURS

Les professeurs accompagnateurs qui ont participé à cette étude et qui nous ont rendu le questionnaire étaient au nombre de 260 dont 120 (presque la moitié) sont de sexe féminin (**figure5**), répartis sur les sept directions provinciales de l'académie.

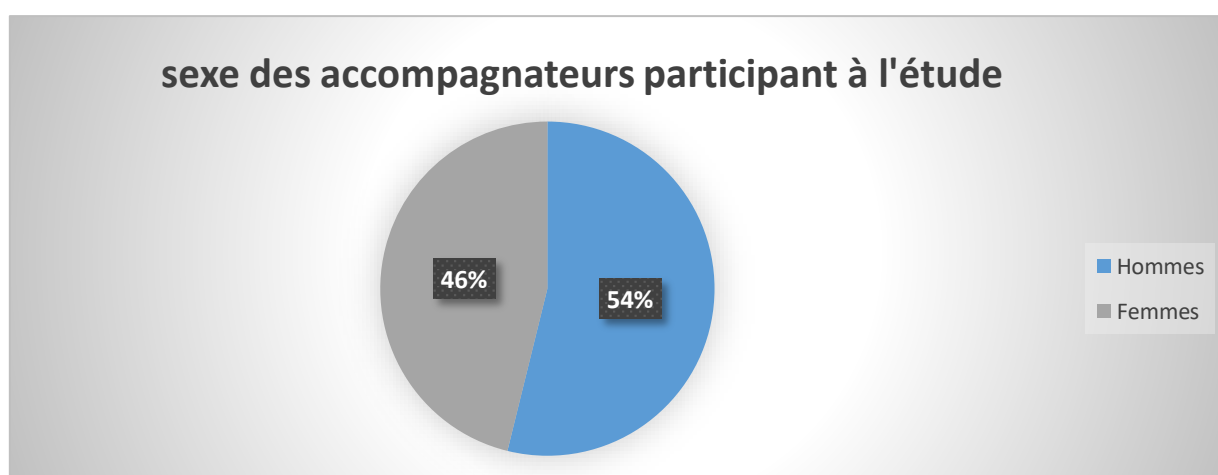


Fig. 5. Répartition des accompagnateurs participant à l'étude selon le sexe

Concernant Q.1, « choix de la mission d'accompagnement » 95% ont choisi d'être professeur accompagnateur, les 5% qui restent ont été désignés par des inspecteurs pédagogiques,

Pour la Q2 « élaboration d'un plan d'action annuel », 100% des participants élaborent un plan d'action annuel qui est soumis à l'approbation de l'inspecteur pédagogique et de la direction provinciale.

100% des professeurs accompagnateurs questionnés ont déclaré qu'ils n'ont bénéficié d'aucune formation proprement dite concernant l'accompagnement, mais qu'ils ont assisté à des rencontres pédagogiques encadrés par les inspecteurs.

En ce qui concerne la Q4, outre les appels téléphoniques et les réseaux sociaux utilisés par 100% des concernés afin de communiquer avec les bénéficiaires de l'accompagnement; seuls 15% ont effectué des visites sur le lieu de travail des accompagnés et 10% ont organisé des rencontres de partage hors temps du travail.

Concernant la Q5 « difficultés rencontrés », 100% des participants ont exprimé un souci vis-à-vis au temps consacré à l'accompagnement, surtout pour les professeurs du primaire où il est quasiment impossible d'organiser des séances

d'accompagnement lors des heures de travail. 60% ont signalé le problème de la résistance au changement et 70% ont parlé du manque d'encouragement et de motivation financière. 55% ont soulevé le problème de la difficulté qui se manifeste pendant l'accompagnement de professeurs qui travaillent dans des établissements différents et souvent éloignés. 45% des participants ont mis en exergue le problème du boycott de quelques cadres de l'AREF de toutes les activités de formation et d'encadrement y compris celles de l'accompagnement.

Pour la Q6 « perspectives d'amélioration », 100% des questionnés ont proposé l'allègement du tableau de service des professeurs accompagnateurs. 100% d'entre eux ont également proposé une indemnité financière pour les accompagnateurs

3.2.2 RÉSULTATS DU QUESTIONNAIRE DESTINÉ AUX ACCOMPAGNÉS

Les professeurs bénéficiaires de l'accompagnement qui ont participé à cette étude et qui nous ont rendu le questionnaire étaient au nombre de 970 dont 470 (plus de la moitié) sont de sexe féminin (figure6), répartis sur les sept directions provinciales de l'académie.

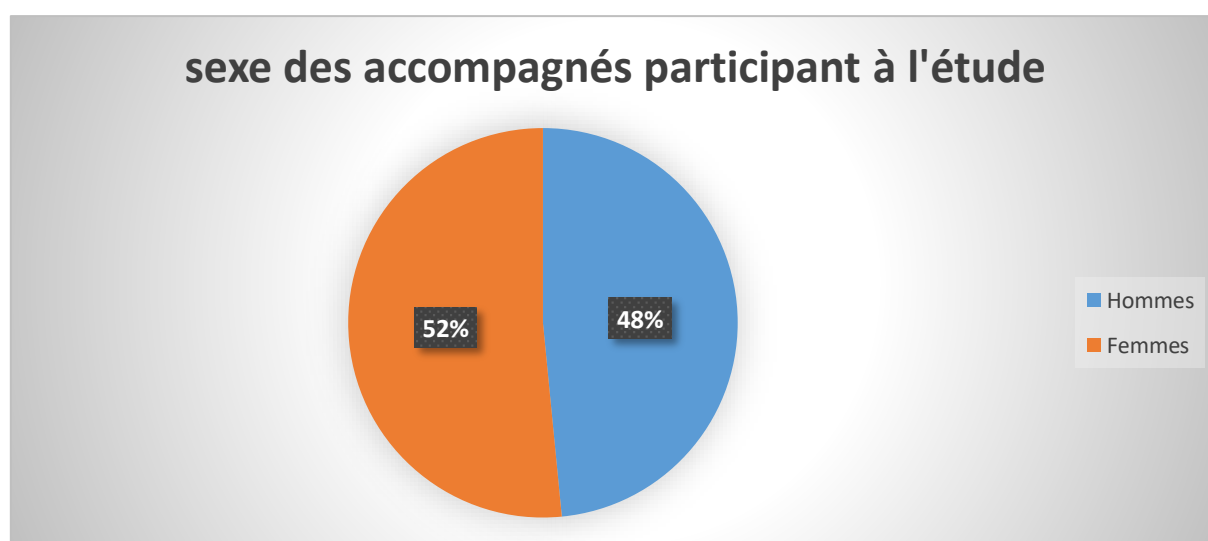


Fig. 6. Répartition des accompagnés participant à l'étude selon le sexe

Concernant la Q1, 80% des participants ont jugé que l'accompagnement est un moyen d'innovation pédagogique.

Pour la Q2, tous les participants ont exprimé à leurs inspecteurs le souhait de bénéficier de l'accompagnement.

En ce qui concerne la Q3, le souhait de bénéficier de l'accompagnement revient dans 45% des cas au fait qu'il s'agit d'un professeur nouvellement recruté. 25% des participants préfèrent l'accompagnement d'un collègue expérimenté à l'encadrement aux visites d'un inspecteur pédagogique. 30% voulaient vivre une expérience de partage de bonnes pratiques.

Pour la Q4, 75% des professeurs participants étaient satisfaits de l'accompagnement dont ils ont bénéficié, contre 15% qui ont jugé l'expérience comme une perte de temps. 10% des questionnaires n'ont pas apporté de réponse à cette question.

Concernant la Q5, 50% des participants "non satisfaits" ont jugé que l'encadrement des inspecteurs aurait des résultats plus pertinents, 30% ont exprimé un sentiment de frustration par rapport à leurs attentes.

Enfin, et concernant la Q6 « perspectives d'amélioration », il est impératif pour 100% des participants de fixer le temps de l'accompagnement dans les tableaux de services des accompagnateurs et des accompagnés.

4 DISCUSSION

Nous observons à travers l'exploitation des résultats des deux questionnaires que 100% des accompagnés ont exprimé le besoin de bénéficier de ce mécanisme de formation continue, et que 95% des accompagnateurs ont pris d'eux-mêmes la décision de vivre cette expérience, sans oublier que 80% des bénéficiaires considèrent qu'il s'agit effectivement d'un moyen

d'innovation pédagogique, et que 75% des professeurs accompagnés sont satisfaits de l'expérience de l'accompagnement qu'ils ont vécue, ce qui reflète un grand degré d'intérêt pour l'accompagnement.

25% des professeurs accompagnés préfèrent traiter avec un accompagnateur au lieu d'un inspecteur. Ceci ne peut en aucun cas être considéré comme une substitution au rôle de l'inspecteur pédagogique qui demeure primordiale dans le système scolaire et dans le processus d'encadrement. L'accompagnateur pédagogique en tant que personne qui encourage, facilite et appuie ses collègues sans jamais effectuer de supervision ni d'évaluation, peut tisser des relations basées sur le respect et la confiance mutuelles avec les accompagnés. Il permet au bénéficiaire de se positionner dans son entourage en tissant des relations étroites avec ses pairs, et l'acquisition de plus d'audace et de confiance en lui-même. Il contribue également à garantir le soutien pédagogique et psychique aux enseignants débutants et la facilitation de leur intégration dans les milieux institutionnels et professionnels ainsi que le renforcement de leur sentiment d'appartenance au métier et de leur participation au développement de l'acte pédagogique.

100% des accompagnateurs et des accompagnés ont soulevé le problème du temps réservé à l'accompagnement. En effet, les tableaux de service des professeurs ne permettent pas de laisser la place à un temps dédié à l'accompagnement. En effet les professeurs du collégial travaillent 24 heures par semaine, et ceux du qualifiant 21 heures par semaine. Ce problème est encore plus persistant dans le cas des professeurs du primaire qui ont 30 heures de travail par semaine. 100% également des participants ont évoqué le volet de la formation des professeurs accompagnateurs comme condition essentielle à la réussite de leur mission. Ils ont tous affirmé avoir assisté à des rencontres pédagogiques au sujet de l'accompagnement encadrées par des inspecteurs, mais cela reste insuffisant pour eux.

5 CONCLUSION

L'accompagnement pédagogique c'est "Être avec et aller vers, sur la base d'une valeur symbolique, celle du partage"¹⁰. Il constitue une entrée principale dans le pilotage du changement, et ce à travers l'encouragement de l'adhésion des professeurs à l'innovation pédagogique, il est également considéré comme un mécanisme d'appui à leur développement professionnel. Il contribue à l'insertion professionnelle des enseignants nouvellement recrutés et à leur appropriation de la réforme et sa mise en œuvre. C'est un moyen de développement professionnel des enseignants par la voie de la formation par la pratique entre pairs

Après l'analyse du bilan de l'accompagnement dans l'AREF de Rabat Salé Kenitra au cours des cinq dernières années et de l'étude via le questionnaire destiné aux accompagnateurs et celui destiné aux accompagnés, nous avons pu constater des résultats probants quant à la croissance des nombres des accompagnateurs et des accompagnés et à l'évolution du pourcentage des accompagnés par rapport à l'effectif global du corps professorale dans la région de Rabat Salé Kénitra (12% en 2023 au lieu 2,73% en 2019). Nous avons également pu constater un certain nombre d'indicateurs très positifs: taux de satisfaction de 80% chez les accompagnés, 100% des accompagnateurs ont choisi eux-mêmes d'assumer cette tâche et préparent annuellement leurs plans d'action. Cependant, nous avons pu relever quelques points sur lesquels il va falloir porter plus d'attention et fournir plus d'efforts afin d'améliorer les réalisations. D'abord, le pourcentage des professeurs accompagnés par rapport à l'effectif global des professeurs qui est de 12%; et quoiqu'il soit encourageant, demeure encore loin de l'objectif fixé par le ministère et qui est de 30%.

Outre la résistance au changement de la part de quelques acteurs pédagogiques et administratifs, nous avons pu relever un certain nombre de difficultés qui entravent la mise en œuvre du projet de l'accompagnement: difficultés relatives au besoin en ressources humaines qui se traduit par l'impossibilité actuelle d'affecter un accompagnateur par établissement et par discipline, difficultés relatives à l'impossibilité d'allègement du tableau de service hebdomadaire des accompagnateurs, notamment pour ceux du cycle primaire, et les difficultés liées aux contraintes procédurales relatives à l'octroi des indemnités financières au profit des accompagnateurs¹¹

Afin de surmonter ces problèmes, le ministère de tutelle est appelé à prendre un certain nombre de mesures relatives à la consolidation du débat et de la communication autour de l'accompagnement, à la diversification des moyens d'attractivité et de motivation susceptibles de motiver les accompagnateurs, à la diffusion et au partage des expériences et de pratique d'accompagnement réussies, mais surtout à La formation des professeurs accompagnateurs et à leur préparation.

¹⁰ Maela Paule, *L'Accompagnement : une nébuleuse, Education permanente*, n°135/2002 pp 43-57

¹¹ Cette mesure est présente dans la note 134*15 en date du 11 décembre 2015.

QUESTIONNAIRE 1

DESTINÉ AUX PROFESSEURS ACCOMPAGNATEURS

Cadre :

Sexe :

Date de recrutement :

Lieux de travail :

Cycle

Q-1 Avez-vous choisi d'être un professeur accompagnateur ?

Si votre réponse est "non", pouvez indiquer comment vous êtes devenu professeur accompagnateur ?

Q-2 élaborez-vous un plan d'action annuel d'accompagnement ?

Q-3 avez-vous bénéficié d'une formation sur l'accompagnement ?

Q-4 Quelles sont les moyens que vous utilisez dans l'accompagnement ?

.....

Q-5 Quelles sont les difficultés que vous rencontrez lors de l'exercice de votre mission ?

.....

Q-6 Quelles sont les perspectives d'amélioration à votre avis ?

.....

.....

.....

QUESTIONNAIRE2

DESTINÉ AUX PROFESSEURS BÉNÉFICIAIRES DE L'ACCOMPAGNEMENT

Cadre :

Sexe :

Date de recrutement :

Lieux de travail :

Cycle :

Q-1 Pensez-vous que l'accompagnement est un moyen d'innovation pédagogique ? oui non

Q-2 Avez-vous exprimé le souhait de bénéficier de l'accompagnement ? oui non

Q-3 Si votre réponse est oui, pouvez-vous dire pourquoi ?

.....

.....

.....

Q-4 Êtes-vous satisfaits de cette expérience ? oui non

Q-5 Si votre réponse est non, pouvez-vous expliquer pourquoi ?

.....

.....

.....

Q-6 Quelles sont les perspectives d'amélioration à votre avis ?

.....

.....

.....

REFERENCES

- [1] Fouad chafiki, Abdelkrim Alagui, Réforme éducative au Maroc et refonte des curricula dans les disciplines scientifiques, Carrefours de l'éducation, 2011 (HSn°1), PP 29-50.
- [2] Miloud Lahchimi, *La réforme de la formation des enseignants au Maroc*, Revue internationale d'éducation de Sèvres, N°69, septembre 2015, pp21-26.
- [3] Décret n° 2-11-672 du 27 moharrem 1433 (23 décembre 2011) portant création et organisation des centres régionaux des métiers de l'éducation et de formation.
- [4] Ministère de l'éducation nationale, note ministérielle 135*15 en date du 11 décembre 2015 concernant la candidature aux fonctions de professeur accompagnateur au cycle primaire.
- [5] Ministère de l'éducation nationale, note ministérielle 95*16 en date du 03 novembre 2016 concernant la candidature aux fonctions de professeur accompagnateur dans les trois cycles de l'enseignement scolaire.
- [6] Conseil Supérieur de l'Education et de la Formation, Pour une école d'équité et de qualité, vision stratégique 2015-2030, Rabat 2015.
- [7] Ministère de l'éducation nationale, note cadre numéro 99*15 en date du 12 octobre 2015 relative à la mise en œuvre de la vision stratégique 2015-2030.
- [8] Maela Paule, *L'Accompagnement: une nébuleuse*, Education permanente, n°135/2002 pp 43-57.

Analyse de la situation du développement humain en Afrique en 2022

[Analysis of the situation of human development in Africa in 2022]

Abasse Tchagbèlè

Maître de Conférences en Sociologie, Université de Kara, BP 404, Togo

Copyright © 2023 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: Development is a complex process that gives rise to several theses, which are as diverse as they are controversial, concerning its definition. The UNDP presented, as it does every year, a report on human development published in 2022. This document thus served as the basis for the analysis of this study, the objective of which is to present and comment on the ranking of African countries and to throw a critical look at the indicators used for this purpose. The methodological approach was essentially documentary and indeed consisted in reviewing the UNDP report, as well as many other scientific documents. The analysis of the said report reveals that the only African country to appear in the category of countries with very high human development (DH) is Mauritius (63rd in the world). In that of the high DH, there are seven countries, namely the Seychelles Islands, Algeria, Egypt, Tunisia, Libya, South Africa and Gabon. Next in the medium DH category are Botswana and Morocco. It should be noted that no West African country is among the top ten in the ranking. In addition, the study made it possible to identify the shortcomings of economic indicators such as GDP, the promoters of which are accused of ignoring harmful and domestic services in their calculations. As for the UNDP, which is at the origin of the HDI, many researchers denounce the solitary and, moreover, arbitrary choice of the components of this index made by the UNDP to assess development. In addition to the HDI, the IPM takes into account certain basic social services such as access to electricity and water.

KEYWORDS: Human development, economic indicators, human development indicator, multidimensional poverty indicator, Africa.

RESUME: Le développement est un processus complexe qui suscite plusieurs thèses tout aussi diversifiées que controversées concernant sa définition. Le PNUD a présenté, comme chaque année, un rapport sur le développement humain publié en 2022. Ce document a ainsi servi de base d'analyse de la présente étude dont l'objectif est de présenter et commenter le classement des pays africains et de jeter un regard critique sur les indicateurs utilisés à cet effet. La démarche méthodologique a été essentiellement documentaire et a en effet consisté à faire la revue du rapport du PNUD, ainsi que bien d'autres documents scientifiques.

L'analyse du dudit rapport révèle que le seul pays africain à figurer dans la catégorie des pays à développement humain (DH) très élevés est l'île Maurice (63^{ème} rang mondial). Dans celle du DH élevé, se trouvent sept pays à savoir les îles Seychelles, l'Algérie, l'Égypte, la Tunisie, la Libye, l'Afrique du Sud et le Gabon. Viennent ensuite dans la catégorie du DH moyen, le Botswana et le Maroc. À noter qu'aucun pays ouest-africain ne figure parmi les dix premiers rangs du classement. Par ailleurs, l'étude a permis de relever les insuffisances des indicateurs économiques tels que le PIB dont il est reproché aux promoteurs d'ignorer dans leur calcul, les services nuisibles et domestiques. Quant au PNUD qui est à l'origine de l'IDH, bien de chercheurs dénoncent le choix solitaire et de surcroît arbitraire des composantes de cet indice opéré par le PNUD pour évaluer le développement. En complément de l'IDH, l'IPM permet la prise en compte de certains services sociaux fondamentaux que sont, entre autres, l'accès à l'électricité et à l'eau.

MOTS-CLEFS: développement humain, indicateurs économiques, indicateur de développement humain, indicateur de la pauvreté multidimensionnelle, Afrique.

1 INTRODUCTION

L'Afrique fait figure depuis des siècles de parent pauvre au regard des difficiles conditions de vie auxquelles sont soumises ses populations constituées pour la plupart des femmes et des enfants surtout en milieu rural. Des statistiques sont tristement affolantes sur la pauvreté, l'insécurité alimentaire, la famine et la malnutrition pour ne citer que ces phénomènes. Cette situation, qui est non seulement incompréhensible, mais aussi inacceptable, révèle un paradoxe tant il est vrai que sur le plan des ressources naturelles, l'Afrique est le continent le plus riche au monde.

Pour contribuer à sortir l'Afrique de cette situation rebutante et éprouvante, d'innombrables initiatives ont été prises tant à l'échelle nationale qu'internationale avec des fortunes diverses. Ainsi, dans les années 1980, des programmes d'ajustement structurel (PAS) ont été mis en place avec pour objectif d'une part de contribuer à la croissance économique dans les pays africains et, d'autre part d'améliorer les conditions de vie de la population. Mais malheureusement, ces programmes se sont soldés par des échecs. Pour la suite, la plupart des pays africains se sont lancés, en 2000, dans la définition des stratégies de lutte contre la pauvreté, initiées par la Banque Mondiale. Ces stratégies sont consignées dans ce qu'il est convenu d'appeler « Document Stratégique de Réduction de la Pauvreté » (DSRP) et s'appuient sur le dogme selon lequel la croissance suffit à réduire la pauvreté (Foly ANANOU (2015) [1]. Mais au bilan, ces stratégies, n'ayant pas non plus permis d'obtenir des résultats escomptés, ont été remplacées au Togo par exemple en 2013 par la Stratégie de Croissance Accélérée et de Promotion de l'Emploi (SCAPE). Depuis 2018, le Bénin et le Togo, pour ne citer que ces deux pays, se sont engagés dans une nouvelle politique dénommée Plan national de développement (PND) respectivement pour huit ans et cinq ans.

Les échecs répétés des stratégies de développement en Afrique n'arrangent guère la situation de pauvreté déjà insoutenable par les populations qui n'en peuvent plus. Les publications annuelles des rapports de la Banque mondiale et du PNUD concernant l'Afrique, dépeignent des situations alarmantes et préoccupantes qui doivent interpellier tous les acteurs africains et les partenaires de développement.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude qui vise à présenter la situation du développement humain et de la pauvreté en Afrique afin d'attirer l'attention des décideurs sur l'opportunité d'envisager des mesures plus innovantes et efficaces.

A cet effet, le questionnement sociologique de la présente étude est le suivant: Quelle est la situation actuelle du développement humain en Afrique ? Quelle analyse faire des indicateurs de développement utilisés pour le classement des pays par niveau de développement ? Nous articulons le travail autour de la méthodologie, des résultats et discussion et de la conclusion.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE DE L'ÉTUDE

L'origine du mot Afrique vient du terme Ifrîqiya (du mot berbère Ifri, rochers, ou du nom des Afris, population habitant le Nord de la Tunisie). Les termes d'Afrique noire, puis subsaharienne, ont été successivement utilisés pour désigner les 49 États au Sud du Sahara sur 54 États reconnus par les Nations Unies (Philippe Hugon, 2017) [2]. Comptant donc 54 États répartis dans ses différentes parties, l'Afrique est un vaste continent doté d'une magnifique histoire et des terreaux culturels riches et variés. Et comme le rapporte (Francis GENDREAU, 1996) [3], « L'Afrique verrait sa population s'accroître beaucoup plus puisque d'ici la stabilisation, son effectif passerait de 0,73 milliard actuellement à un peu plus de 3 milliards, pour elle, le facteur multiplicatif avant stabilisation serait supérieur à 4 ! Un premier doublement interviendrait vers 2025, date à laquelle la population de l'Afrique serait de 1,5 milliard ».

2.2 LA TECHNIQUE DE COLLECTE DES DONNÉES EST LA RECHERCHE DOCUMENTAIRE

Après avoir examiné un certain nombre de moteurs de recherche, nous avons opté pour Google Scholar qui nous a permis d'effectuer des recherches étendues portant sur des travaux universitaires, tels que les articles, thèses, livres, résumés analytiques, etc.

Nous avons également exploré les portails officiels de la Banque mondiale, du PNUD, de l'OCDE, des ministères de l'économie et bien d'autres organisations nationales et internationales où nous avons exploité des rapports divers.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 SITUATION DU DÉVELOPPEMENT HUMAIN EN AFRIQUE EN 2022

3.1.1 CONTEXTE

Cette situation porte sur les indices de développement humain présentés par le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD, 2022) [4] dans son rapport intitulé « Rapport sur le développement humain » élaboré à partir des enquêtes menées de diverses manières pour le compte des pays de la planète.

Cette institution de référence en matière de développement, a défini un certain nombre d'indicateurs pour évaluer les efforts déployés par différents pays à travers la planète ainsi que leur niveau de développement axé non pas sur le facteur économique (PIB) qui n'en est qu'un moyen, mais sur la qualité de vie des populations, qui constitue la finalité du développement. Il s'agit des indicateurs tels que, l'indice de développement humain (IDH), l'indice de développement humain ajusté aux inégalités (IDHI), l'indice de développement du genre (IDG), l'indice d'inégalité de genre (IIG) et l'indice de pauvreté multidimensionnelle (IPM). Cela fait cinq indicateurs sur la base desquels le PNUD évalue chaque année le développement humain dans le monde en général et l'Afrique en particulier. A titre d'information, les pays ayant un PIB plus élevé ne sont pas forcément ceux qui ont l'IDH le plus élevé; ce qui signifie en principe, pour être en phase avec le PNUD, que le niveau de développement d'un pays se mesure non pas à travers son PIB, mais son IDH. Voilà pourquoi sur le tableau publié par le PNUD, le pays le plus développé au monde du point de vue de son IDH, ce n'est pas les Etats Unis (21^{ème}), mais la Suisse. En conséquence, le pays le plus riche au monde n'y est pas le plus développé, c'est du moins le principal enseignement à tirer de ce classement du PNUD.

Nous présentons ci-dessous un tableau que nous avons conçu à partir de celui établi par le PNUD aux pages indiquées plus haut.

Tableau 1. Situation du développement humain à partir du rapport du PNUD publié en 2022

	IDH	IDHI			IDG		IIG		IPM			
	Valeur	Valeur	Perte globale (%)	Différence par rapport au rang de l'IDH	Valeur	Groupe	Valeur	Rang	Valeur	Taux (%)	Intensité des privations (%)	Année et enquête
Classement selon l'IDH	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2009-2020	2009-2020	2009-2020	2009-2020
Développement humain très élevé												
63. Maurice	0,802	0,666	17,0	-11	0,973	2	0,347	82				
Développement humain élevé												
72. Seychelles	0,785	0,661	15,8	-7	-	-	-	-	0,003	0,9	34,2	2019 N
91. Algérie	0,745	0,598	19,7	-7	0,880	5	0,499	126	0,005	1,4	39,2	2018/2019 M
97. Egypte	0,731	0,519	29,0	-21	0,882	5	0,443	109	0,020	5,2 f	37,6 f	2014 D
97. Tunisie	0,731	0,588	19,6	-7	0,931	3	0,259	61	0,003	0,8	36,5	2018 M
104. Libye	0,718	-	-	-	0,975	1	0,259	61	0,007	2,0	37,1	2014 P
109. Afrique du Sud	0,713	0,471	33,9	-22	0,944	3	0,405	97	0,025	6,3	39,8	2016 D
112. Gabon	0,706	0,554	21,5	-3	0,908	4	0,541	140	0,070	15,6	44,7	2012 D
Développement humain moyen												
117. Botswana	0,693	-	-	-	0,981	1	0,468	117	0,073q	17,2q	42,2 q	2015/2016 N
123. Maroc	0,683	0,504	26,2	-4	0,861	5	0,425	104	0,027	6,4 r	42,0 r	2017/2018 P
133. Ghana	0,632	0,458	27,5	-6	0,946	3	0,529	130	0,111	24,6	45,1	2017/2018 M
138. Sao Tomé et-Principe	0,618	0,503	18,6	7	0,907	4	0,494	124	0,048	11,7	40,9	2019 M
Namibie	0,615	0,402	34,6	-10	1,004	1	0,445	111	0,185	40,9	45,2	2013
144. Eswatini (Royaume d')	0,597	0,424	29,0	-3	0,986	1	0,540	138	0,081	19,2	42,3	2014 M
145. Guinée Equatoriale	0,596											
146. Zimbabwe	0,593	0,458	22,8	4	0,961	2	0,532	134	0,110	25,8	42,6	2019 M

148. Angola	0,586	0,407	30,5	-2	0,903	4	0,537	136	0,282	51,1	55,3	2015/2016 D
151. Cameroun	0,576	0,393	31,8	-6	0,885	5	0,565	148	0,232	43,6	53,2	2018 D
152. Kenya	0,575	0,426	25,9	3	0,941	3	0,506	128	0,171	37,5	45,6	2014 D
153. Congo	0,571	0,432	24,3	5	0,934	3	0,564	147	0,112	24,3	46,0	2014/2015 M
154. Zambie	0,565	0,390	31,0	-4	0,965	2	0,540	138	0,232	47,9	48,4	2018 D
156. Comores	0,558	0,310	44,4	-21	0,891	5	...	...	0,181	37,3	48,5	2012 D
158. Mauritanie	0,556	0,389	30,0	-2	0,890	5	0,632	161	0,261	50,6	51,5	2015 M
159. Côte d'Ivoire	0,550	0,358	34,9	-8	0,887	5	0,613	155	0,236	46,1	51,2	2016 M
Développement humain faible												
160. Tanzanie	0,549	0,418	23,9	8	0,943	3	0,560	146	0,284	57,1	49,8	2015/2016 D
162. Togo	0,539	0,372	31,0	-1	0,849	5	0,580	149	0,180	37,6	47,8	2017 M
163. Nigéria	0,535	0,341	36,3	-7	0,863	5	0,680	168	0,254	46,4	54,8	2018 D
165. Rwanda	0,534	0,402	24,7	11	0,954	2	0,388	93	0,259	54,4	47,5	2014/2015 D
166. Bénin	0,525	0,334	36,4	-7	0,880	5	0,602	152	0,368	66,8	55,0	2017/2018 D
166. Ouganda	0,525	0,396	24,6	9	0,927	3	0,530	131	0,281	57,2	49,2	2016 D
168. Lesotho	0,514	0,372	27,6	5	0,985	1	0,557	144	0,084 f	19,6 f	43,0 f	2018 M
169. Malawi	0,512	0,377	26,4	7	0,968	2	0,554	142	0,252	54,2	46,5	2015/2016 D
170. Sénégal	0,511	0,354	30,7	2	0,874	5	0,530	131	0,263	50,8	51,7	2019 D
171. Djibouti	0,509											
172. Soudan	0,508	0,336	33,9	-1	0,870	5	0,553	141	0,279	52,3	53,4	2014 M
173. Madagascar	0,501	0,367	26,7	7	0,956	2	0,556	143	0,384	69,1	55,6	2018 M
174. Gambie	0,500	0,348	30,4	4	0,924	4	0,611	153	0,204	41,6	49,0	2018 M
175. Ethiopie	0,498	0,363	27,1	8	0,921	4	0,520	129	0,367	68,7	53,3	2019 D
176. Erythrée	0,492											
177. Guinée Bissau	0,483	0,306	36,6	-5	0,867	5	0,627	159	0,341	64,4	52,9	2018/2019 M
178. Libéria	0,481	0,330	31,4	2	0,871	5	0,648	164	0,259	52,3	49,6	2019/2020 D
179. RDC	0,479	0,341	28,8	7	0,885	5	0,601	151	0,331	64,5	51,3	2017/2018 M
181. Sierra Leone	0,477	0,309	35,2	0	0,893	5	0,633	162	0,293	59,2	49,5	2019 D
182. Guinée	0,465	0,299	35,7	-4	0,850	5	0,621	157	0,373	66,2	56,4	2018 D
184. Burkina Faso	0,449	0,315	29,8	5	0,903	4	0,621	157	0,523	84,2	62,2	2010 D
185. Mozambique	0,446	0,300	32,7	0	0,922	4	0,537	136	0,417	73,1	57,0	2011 D
187. Burundi	0,426	0,302	29,1	3	0,935	3	0,505	127	0,409	75,1	54,4	2016/2017 D
188. République centrafricaine	0,404	0,240	40,6	-3	0,810	5	0,672	166	0,461	80,4	57,4	2018/2019 M
189. Niger	0,400	0,292	27,0	2	0,835	5	0,611	153	0,601	91,0	66,1	2012 D
190. Tchad	0,394	0,251	36,3	1	0,770	5	0,652	165	0,517	84,2	61,4	2019 M
191. Soudan du Sud	0,385	0,245	36,4	1	0,843	5	0,587	150	0,580	91,9	63,2	2010 M

Source: Extrait du tableau de classement selon l'IDH, 2022

3.1.2 DÉVELOPPEMENT HUMAIN À PARTIR DE L'IDH

Le PNUD (2022) [4] a donné la définition des différents indicateurs utilisés de la manière suivante:

L'indice de développement humain (IDH) est un indice composite qui mesure le niveau moyen atteint dans trois dimensions fondamentales du développement humain: vie longue et en bonne santé, connaissances et niveau de vie décent.

La première dimension est relative à la santé et à l'espérance de vie où le continent africain traîne derrière les autres continents; parlant des connaissances, on fait référence au savoir acquis grâce notamment à un processus d'apprentissage qui peut se caractériser notamment par l'éducation ou la formation; pour ce qui est du niveau de vie décent, il permet d'évaluer le niveau d'accès des ménages à la nourriture (l'alimentation), à l'eau, au logement, à l'éducation aux soins de santé, au transport, aux vêtements et à d'autres besoins essentiels, y compris une provision en cas d'imprévus. Puisque selon la déclaration universelle des droits de l'homme (ONU, 2015) [5] en son article 25, « Toute personne a droit à un niveau de vie suffisant pour assurer sa santé, son bien-être et ceux de sa famille, notamment pour l'alimentation, l'habillement, le logement, les soins médicaux ainsi que pour les services sociaux nécessaires.

L'analyse du tableau ci-dessus révèle que dans la catégorie des pays à développement humain très élevé, il n'y a qu'un pays africain qui sauve les meubles, l'Ile Maurice avec un IDH d'une valeur de 0,802 et occupant le 63^{ème} rang mondial des pays les plus développés. Dans la catégorie du développement humain élevé, sept pays se sont illustrés. Le premier d'entre eux sont les Iles Seychelles, suivi de l'Algérie, l'Egypte, la Tunisie, la Libye, l'Afrique du Sud et le Gabon, dont la valeur de leur IDH est estimée respectivement à 0,785, 0,745, 0,731 (Egypte et Tunisie), 0,718, 0,713 et 0,706 occupant respectivement les 72^{ème}, 91^{ème}, 97^{èmes}, 104^{ème}, 109^{ème} et 112^{ème} rangs mondiaux, et 2^{ème}, 37^{ème}, 4^{èmes}, 6^{ème}, 7^{ème} et 8^{ème} en Afrique. Les deux autres pays qui complètent la liste des dix pays les plus développés en Afrique sont dans la catégorie du développement humain moyen, le Botswana avec un IDH de 0,693 correspondant au 117^{ème} rang mondial et 9^{ème} en Afrique et le Maroc, 0,683 occupant le 123^{ème} rang mondial et 10^{ème} en Afrique. Tels sont les dix pays les plus développés en Afrique classés à l'aune de leur IDH.

Le premier pays ouest-africain à être mieux classé mais dans la catégorie du développement humain moyen, est le Ghana avec un IDH de 0,632 occupant le 133^{ème} rang, suivi de la Mauritanie et de la Côte d'Ivoire, respectivement 158^{ème} et 159^{ème} avec un IDH de 0,556 et 0,550. Tous les autres pays restants de l'Afrique de l'Ouest se trouvent dans la catégorie du développement humain faible avec un trio de tête composé du Togo, du Nigéria et du Bénin, avec respectivement un IDH estimé à 0,539, 0,535 et 0,525 et occupant les 162^{ème}, 163^{ème} et 166^{ème} rangs du classement mondial de l'IDH. Le Niger ferme la marche avec un IDH de 0,400 correspondant au 189^{ème} rang mondial juste devant le Tchad et le Soudan du Sud qui sont les deux derniers mal classés au monde.

En définitive, un seul pays africain est dans la catégorie du développement humain très élevé, 7 dans la catégorie du DH élevé, 16 dans la catégorie du DH moyen et 27 dans celle du DH faible.

3.1.3 DÉVELOPPEMENT HUMAIN À PARTIR DE L'IDHI

A la différence de l'IDH, l'IDH ajusté aux inégalités (IDHI) tient compte des inégalités dans la répartition de chaque dimension de l'IDH au sein de la population.

Le PNUD a apporté une précieuse clarification à cet indicateur en ces termes, « L'IDHI reflète les inégalités existant dans les dimensions de l'IDH en « réduisant » la valeur moyenne de chaque dimension en fonction du niveau d'inégalité qu'elle présente. Ainsi, l'IDHI est en théorie égal à l'IDH s'il n'existe aucune inégalité entre les individus, mais il décroît pour s'éloigner de l'IDH à mesure que les inégalités augmentent. Autrement dit, l'indice ajusté représente le niveau réel du développement humain (tenant compte des inégalités), tandis que l'on peut considérer l'IDH comme un indice de développement humain « potentiel » qu'il serait possible d'atteindre en l'absence de toute inégalité. La différence entre les deux indicateurs, exprimée sous forme de pourcentage, indique la « perte » subie par le développement humain potentiel en raison des inégalités » (PNUD, 2011) [6].

Il faut convenir avec l'PNUD que le niveau de développement réel devrait se mesurer au travers de l'IDHI qui relève les inégalités dans la distribution des richesses aux populations où clairement certaines couches en sont dépourvues.

De ce point de vue, voici le classement selon cet indicateur qui, à certains niveaux est bouleversé et ne donne pas le même résultat partout.

Classement	IDH	IDHI
1	Maurice	Maurice
2	Seychelles	Seychelles
3	Algérie	Algérie
4	Egypte Tunisie	Tunisie
5		Gabon
6	Libye	Egypte
7	Afrique du Sud	Maroc
8	Gabon	Sao Tomé et Principe
9	Botswana	Afrique du Sud
10	Maroc	Zimbabwe

Source: Extrait du tableau de classement selon l'IDH, 2022

D'après ce tableau, le pays africain le plus développé est toujours l'Ile Maurice, suivi également des Iles Seychelles, de l'Algérie, de la Tunisie, du Gabon, de l'Egypte, du Maroc, du Sao Tomé et Principe, de l'Afrique du Sud et du Zimbabwe. Avec

l'IDH, deux pays ont perdu leur place parmi les dix premiers, il s'agit de la Libye qui n'a pas été classée suivant cet indicateur et le Botswana. L'Égypte passe du 4^{ème} au 6^{ème} rang, l'Afrique du Sud, du 7^{ème} au 9^{ème} rang. Le Gabon a amélioré son classement en passant du 8^{ème} au 5^{ème} rang, ainsi que le Maroc qui occupe le 7^{ème} rang contre le 10^{ème} avec l'IDH.

3.1.4 DÉVELOPPEMENT HUMAIN À PARTIR DE L'IPM

L'indice de pauvreté multidimensionnelle (IPM) est le pourcentage de la population dont la pauvreté est multidimensionnelle, ajusté à l'intensité des privations. Cet indicateur complète celui de la pauvreté monétaire qui, au fil des décennies a clairement montré ses limites. Ainsi, d'après le PNUD et l'OPHI (2019) [7], « L'IPM est un complément de l'évaluation de la pauvreté monétaire. L'estimation de la pauvreté monétaire est pertinente mais ne révèle pas tout. Il a été démontré que les personnes qui connaissent des privations multiples dans des domaines fondamentaux de leur vie, tels que l'éducation, la santé, la sécurité ou l'emploi, ne sont pas forcément pauvres sur le plan des revenus (Bourguignon et al. 2008), et les politiques visant à réduire la pauvreté monétaire peuvent n'avoir aucune incidence sur ces autres types de privation ».

La présentation de la situation de pauvreté donne le classement suivant des dix pays africains les moins pauvres. S'agissant d'abord du taux de pauvreté, la Tunisie est le pays dont le taux est le plus faible, soit 0,8% devant les Iles Seychelles, 0,9%, l'Algérie, 1,4%, la Libye, 2%, l'Égypte, 5,2%, l'Afrique du Sud, 6,3%, Sao Tomé et Príncipe, 11,7%, le Gabon, 15,6%, le Botswana, 17,2% et le Royaume d'Eswatini, 19,2%. Quant aux pays les plus pauvres par rapport à leurs taux de pauvreté, les 10 premiers d'entre eux, sont par ordre, le Soudan du Sud avec un taux de 91,9 %, le Niger, 91%, le Tchad et le Burkina avec 84,2% chacun, la République centrafricaine, 80,0%, le Burundi, 75,1%, le Mozambique, 73,1%, le Madagascar, 69,1%, l'Éthiopie, 68,7% et la Guinée, 66,2%.

3.2 ANALYSE DES INDICATEURS DE DÉVELOPPEMENT

Il s'agit dans cette partie de faire une analyse critique des indicateurs de mesure du développement en relevant leur insuffisance, notamment le PIB, l'IDH et l'IPM.

Cette analyse se fera à la lumière des définitions du concept du développement qui confère ainsi des éléments d'appréciation du contenu des différents indicateurs. Il s'agira plus précisément de retenir une définition plus ou moins consensuelle pour permettre au final de positionner les indicateurs au regard des éléments définitionnels de ce concept.

3.2.1 SYNTHÈSE DES DÉFINITIONS DU CONCEPT DE DÉVELOPPEMENT

Le concept de développement est une notion complexe en raison de l'étendue des besoins humains à réaliser et qui dans le même temps implique que soient mises en avant plusieurs théories et thèses y relatives. De ce point de vue, il est ainsi et toujours illusoire de converger les opinions vers une définition consensuelle qui satisferait tout le monde à quelques exceptions près. Néanmoins, il est commode de rappeler ici et en fonction des objectifs liés à cette partie, les quelques définitions qui peuvent paraître plausibles et nécessaires à ce travail d'analyse. Ces définitions sont celles qui ont mis l'accent sur les facteurs humains étant donné que par-delà tout, l'homme est le destinataire du développement.

Selon le PNUD (1986) cité par Fabrice HATEM et Diana MALPEDE (1992) [8], le développement est « la maximisation du potentiel humain, mais aussi son utilisation la plus large pour le progrès économique et social ». Ce concept, d'après toujours cette institution, renvoie à « un processus qui doit conduire à l'élargissement de la gamme de possibilités qui s'offrent à chacun » et à « une amélioration de la qualité de vie individuelle et sociale de la personne ». La dernière partie de la deuxième définition du PNUD, qui considère la qualité de vie comme finalité du développement, revêt pour nous un grand intérêt. Puisque d'après Launois et al, 1995 cité par Béatrice BEAUFILS, (1997) [9], la qualité de vie dépend de multiples facteurs comme le revenu, la liberté, les conditions de vie et la qualité de l'environnement ». Selon également Edlund et al, 1993 cité toujours par Béatrice BEAUFILS, op. cit.), il s'agit d'atteindre les buts personnels que l'on poursuit de mener une vie normale et d'avoir une vie socialement utile ».

La définition du concept de développement donnée aussi par Bernard CONTE nous paraît également intéressante en ce sens que d'après lui, « Le concept de développement apparaît plus englobant que celui de croissance, en ce sens qu'il implique la croissance mais au-delà, met l'accent sur la satisfaction des besoins fondamentaux, la réduction des inégalités, du chômage et de la pauvreté. Le développement ne peut s'opérer sans croissance mais « une croissance sans développement » est envisageable pour certains » (Bernard CONTE, 2001) [10].

Cette définition précise davantage celle du PNUD en évoquant entre autres, la réduction du chômage (même si ce n'est pas clairement ressorti dans les composantes de l'IDH) et la pauvreté.

3.2.2 CRITIQUE DES INDICATEURS ÉCONOMIQUES DANS L'ÉVALUATION DU DÉVELOPPEMENT (PIB ET PIB/HABITANT)

Par le passé, les indicateurs économiques de développement tels que le PIB et le PIB/habitant, étaient, entre autres, la base du classement des pays par niveau de développement aussi bien sur le plan international que national. C'est ainsi que les États-Unis sont en peloton de tête des pays les plus riches au monde. Ce pays est toujours considéré comme le plus développé au monde grâce à son PIB supérieur à ceux des autres. Pourtant, sa population n'est pas pour autant la plus heureuse au monde ou comme le déclare Gérard BOISMENU (2009) [11] « Au plan de la richesse par habitant, les États-Unis sont certainement le pays le plus riche, mais on ne peut en déduire que la population américaine est la plus riche ». Cette réalité qui peut paraître paradoxale, s'explique par l'inégale répartition des richesses au sein de la population américaine. Autrement dit, la richesse d'un pays ne détermine pas automatiquement celle de sa population, à condition de la distribuer équitablement, ce qui reste une vue d'esprit. Cette réalité remet forcément en cause la thèse du déterminisme économique du développement qu'a incarné le PIB pendant longtemps. Le classement à l'aune des indicateurs économiques, contribue à occulter les réalités profondes vécues par les populations.

La littérature critique des indicateurs économiques et du PIB foisonne en remettant en cause le caractère purement économique de la mesure du développement. En effet, de nombreux chercheurs font observer que le PIB présente un caractère incomplet, car, « en reposant principalement sur les valeurs marchandes, il ignore de nombreux travaux et services non rémunérés, tels que les services à la personne rendus au sein des familles » (Marc Fleurbaey, Guillaume Gaulier, 2011: 103) ou « des activités qui relèvent de la sphère domestique, alors même que des activités à finalité identique peuvent relever ailleurs de la sphère marchande » (C. Vandermotten, D. Peeters, M. Lennert, 2011) [12]. Jacques Fontanel, Jean-François Guilhaudis (2017) [13] en ont identifié deux types de limites, les limites techniques où le calcul du PIB ne tient pas compte du rythme des inflations et où entreprises et pays gonflent parfois les chiffres, et les limites conceptuelles qui se traduisent par la non prise en compte de « l'existence de services négatifs » et « de nombreuses activités économiques, par ailleurs importantes pour l'épanouissement social et individuel ».

3.2.3 ANALYSE DE L'INDICE DE DÉVELOPPEMENT HUMAIN (IDH)

La prise en compte de l'indice de développement humain (IDH) dans l'évaluation du développement en lieu et place du PIB/habitant qui, pendant longtemps, a fait cavalier seul, reste l'une des réformes les plus déterminantes dans le monde du développement. Désormais, le classement des pays par le PNUD est basé sur cet important indicateur qui « a révolutionné le débat sur le développement et est venu remplacer le revenu par habitant en tant que seul indicateur de l'avancement du développement » (PNUD, 2018) [14]. Son émergence est consécutive à de nombreuses lacunes constatées au niveau des indicateurs économiques telles que présentées ci-haut.

Cela a permis de considérer beaucoup d'autres facteurs qu'économiques pour rendre compte de l'épanouissement, du progrès ou encore du bien-être des populations. L'IDH reste un indicateur essentiel dans l'évaluation du développement conduite par le PNUD dans tous les pays au monde. Cet indice prend en compte trois dimensions importantes du développement à savoir, le « bien-être matériel (via le PIB par habitant en PPA¹), la santé (via l'espérance de vie à la naissance), l'éducation (via le taux de scolarisation et le taux d'alphabétisation des adultes) » (Jérôme Accardo, Fabrice Murat, Gaël de Peretti (2009) [15] ou encore « vie longue et en bonne santé, connaissances et niveau de vie décent » (PNUD, 2022) [4].

Les secteurs de la santé et de l'éducation ont été toujours considérés comme des domaines fondamentaux du développement de par leur importante part contributive apportée dans l'amélioration des conditions et de la qualité de vie des populations. Ces secteurs sont tellement essentiels qu'il ne nous paraît pas opportun de s'attarder sur les deux éléments dont l'importance n'est plus à démontrer. Néanmoins, nous invoquons quelques exemples pour illustrer et confirmer cette assertion. Pour ce qui est d'abord de la santé évaluée sur la base de l'espérance de vie à la naissance, Marc Fleurbaey et Guillaume Gaulier affirment que « la santé est souvent citée comme la première source de bien-être, et une meilleure santé peut être considérée comme équivalente à un revenu plus élevé » (Marc Fleurbaey et Guillaume Gaulier, 2006) [16]. Selon l'OMS cité par Béatrice BEAUFILS (1997: 6), la santé n'est pas seulement « l'absence de maladies ou d'infirmités », mais « un état complet bien-être physique, psychologique et social ».

S'agissant de l'éducation, les mêmes auteurs avancent que, « L'éducation a un effet indirect sur le niveau de vie par le biais de la productivité, et cet effet est enregistré ici, mais elle a sans doute aussi un effet direct sur la satisfaction et

¹ Parité de pouvoir d'achat

l'épanouissement humain, qui pourrait être pris en compte par une correction équivalente de revenu » (Marc Fleurbaey et Guillaume Gaulier, op. cit.21) Marc Fleurbaey et Guillaume Gaulier, 2006) [16].

Pour ce qui est de la troisième composante de l'IDH, le niveau de vie dont la compréhension ne coule pas de source pour tout le monde, nous allons y réserver une attention particulière.

Selon l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSE, 2021) [17], le niveau de vie correspond au revenu du ménage divisé par le nombre d'individus composant ce ménage, appelés unités de consommation (UC). De ce fait, le niveau de vie de tous ces individus est le même puisque partageant un même revenu réparti équitablement. Le calcul du niveau de vie se fait suivant ce que l'OCDE appelle « l'échelle d'équivalence modifiée qui attribue 1 UC au premier adulte du ménage, 0,5 UC aux autres personnes de 14 ans ou plus et 0,3 UC aux enfants de moins de 14 ans ». La présente étude ne s'est pas intéressée à comprendre pourquoi et comment s'est construite cette échelle d'équivalence afin d'en analyser la fiabilité.

Dans sa thèse de doctorat, Joseph Emmanuel MATA (1999) [18] présente le niveau de vie des ménages comme dépendant des avantages dont ils bénéficient, qui « découlent entre autres de la consommation ou de la capacité qu'ont les ménages à consommer ».

Il est évident, de ce point de vue que l'évaluation du niveau de vie d'un ménage est basée sur sa capacité de consommation des biens (matériels) et services (biens immatériels).

Les promoteurs de l'IDH ont apporté des changements notables dans l'évaluation du développement, d'abord en intégrant désormais les indicateurs d'ordre humain, mais également en considérant en lieu et place du PIB, le niveau de vie qui est mesuré au travers du rapport entre le revenu et les besoins (d'un ménage). A titre d'exemples, l'on peut évoquer les besoins en santé, éducation, alimentation, logement, etc.

La pertinence du choix des indicateurs complémentaires à celui du niveau de vie dont la base reste le revenu, réside dans le fait que l'on peut disposer de revenus élevés sans toutefois s'épanouir dans les domaines clés du développement que sont la santé, l'éducation, l'alimentation, le logement, le transport, etc. Autrement dit, il existe d'autres réalités non accessibles à travers le seul revenu dont dispose. En effet, l'on peut affirmer sans détour que tous ceux qui ont accès à la santé et à l'éducation, ne sont pas forcément ceux qui disposent de revenus moyens ou élevés. Il y en a parmi les couches vulnérables ou pauvres, qui, sensibilisées, ne pratiquent pas par exemple l'automédication qui parfois est liée à l'ignorance et non aux dépenses qu'occasionnent les consultations que redoutent les patients. D'ailleurs, il y a des familles à revenus élevés qui s'adonnent à cette pratique par souci de souveraineté et d'indépendance. En effet, les résultats d'une étude réalisée au Burkina Faso, révèlent qu'outre la pauvreté, la non fréquentation des centres de santé tient également au souci d'autonomie des malades qui préfèrent eux-mêmes choisir les médicaments à prendre face à la maladie et de souveraineté qui traduit le refus de se soumettre à l'emprise de l'agent médical (Sidbéwendin et al, 2016) [19].

De même, nombreux sont aujourd'hui les enfants scolarisés qui le sont non pas parce que leurs parents ont les moyens financiers conséquents, même si l'on peut admettre que certaines écoles et formations sont réservées aux enfants des familles riches, mais parce que les parents ont compris l'importance pour leurs enfants d'aller à l'école. Au sujet des adultes qui devaient suivre des cours d'alphabétisation, nombreux d'entre eux sont ceux qui n'y ont pas accès pour plusieurs raisons. Mise à part la pauvreté qui est un facteur déterminant dans pratiquement tous les domaines de la vie, des études citent également les charges familiales et ménagères, parfois les actes d'intimidation et de violence et l'éloignement par rapport aux lieux de formation, qui limitent la participation des adultes à la formation en alphabétisation (Natalie Lavoie et al, 2004) [20].

Ces informations rapportées ci-haut, permettent de se rendre à l'évidence que les revenus ne sont pas le seul facteur favorisant ou limitant l'accès à la santé et à l'éducation, bien d'autres peuvent aussi permettre ou empêcher d'y parvenir.

Malgré ces avancées intéressantes enregistrées dans l'emploi de l'IDH, celui-ci n'est pas exempt de critiques. Il est reproché au PNUD qui en est le promoteur, de s'être permis seul de faire le choix de surcroît arbitraire des variables et leurs pondérations sans soumettre ce choix à des débats publics pour confronter des points de vue et aboutir à un consensus (Jérôme Accardo, Fabrice Murat, Gaël de Peretti (2009) [15].

De plus, l'IDH, même s'il prend en compte le PIB pour mesurer le niveau de vie des individus, n'a pas contribué à régler ce qui était reproché aux indicateurs économiques notamment les activités et services nuisibles tels que la pollution de l'environnement et les activités informelles comme celles menées par exemple par des domestiques.

3.2.4 L'INDICE DE PAUVRETÉ MULTIDIMENSIONNELLE (IPM)

C'est le pourcentage de la population dont la pauvreté est multidimensionnelle, ajusté à l'intensité des privations. Cet indice complète celui de la pauvreté monétaire qui, au fil des décennies a clairement montré ses limites.

Pour cet indice, l'accent est mis sur les privations dont sont victimes les populations dans dimensions que sont la santé, l'éducation et les conditions de vie avec douze indicateurs définis en 2017 par la CESAO, cités par Abdelkhalek Touhami et Dorothee Boccanfuso (2022) [21], à savoir, « La fréquentation scolaire et le nombre d'années de scolarité. La dimension santé comprend trois indicateurs: la nutrition, la mortalité infantile et les grossesses précoces combinées aux mutilations génitales féminines. Les indicateurs de niveau de vie retenus sont: l'accès à l'électricité, des installations sanitaires adéquates, de l'eau potable, du combustible de cuisson propre, un sol et un toit adéquats, l'absence de surpeuplement ou de surdensité dans le logement du ménage et l'accès à un minimum d'informations, de mobilité et de moyens de confort dans le logement ».

A travers ces douze indicateurs, l'IPM a mieux fait que l'IDH en allant notamment au-delà du bien-être matériel que traduit le niveau de vie pour intégrer d'autres facteurs très importants tels que l'accès à l'eau, à l'électricité, à l'information, du combustible de cuisson propre, un sol et un toit adéquats, de mobilité pour ne citer ceux-ci. De ce point de vue, l'IPM nous paraît plus crédible que l'IDH et les processus de développement doivent être construits autour de cet important indice en y intégrant aussi le cadre relationnel des individus.

Il s'agit ainsi de l'accès aux services sociaux de base tellement importants pour l'épanouissement des populations, qu'il urge d'assurer, de maintenir et de pérenniser.

4 CONCLUSION

Le développement est un processus complexe qui suscite plusieurs thèses tout aussi diversifiées que controversées concernant sa définition. Le présent travail a consisté en la présentation et l'analyse les données publiées en 2022 par le PNUD, dans son rapport intitulé « Rapport du développement humain 2021-2022 ».

Au terme de cette étude, il est important d'abord de noter l'incapacité des indicateurs économiques tels que le PIB, de mesurer le niveau de développement qui s'évalue désormais et ce grâce au PNUD, au travers de bien d'autres indicateurs à caractère humain. L'on sait que la finalité des processus de développement reste le développement humain ou social qui se caractérise par le bien-être et la qualité de vie des populations.

L'analyse des différents indicateurs tels que l'IDH, l'IDHI, l'IPM, etc... sur la base desquels le PNUD publie ses rapports, apparaissent pertinents au regard de nombreuses dimensions qui définissent une population épanouie ou heureuse. A cet effet, l'étude a démontré à travers quelques exemples, que le bien-être économique n'est pas en soi une garantie du bonheur pour un pays. C'est l'exemple des Etats Unis qui sont indiscutablement la première puissance économique mondiale, mais qui, sur le plan du bonheur de sa population, est classé loin derrière les pays scandinaves reconnus à l'échelle internationale, comme les pays les plus développés au monde, du point de vue du bien-être humain. Le même constat est fait en Afrique où, d'après le classement du PNUD en 2022, en Afrique, le Nigéria qui pourtant est la première puissance économique du continent, n'y est pas le plus développé en considérant les indicateurs humains.

La pluralité des approches et leur adaptation aux contextes sociaux et humains, paraissent ainsi très importantes pour évaluer de façon plus ou moins objective, le niveau de développement des pays.

REFERENCES

- [1] Foly Ananou, Les stratégies de réduction de la pauvreté (DSRP) ont-elles été efficaces ? 2015.
- [2] Philippe Hugon, L'Afrique Défis, enjeux et perspectives en 40 fiches pour comprendre l'actualité, Groupe Eyrolles, 2017.
- [3] Francis Gendreau, *Démographies africaines*, Editions ETEM (Editions Scientifiques, Techniques et Médicales), Paris, 1996.
- [4] PNUD, *Rapport sur le développement humain*, 1 UN Plaza, New York, NY 10017 États-Unis, 2022.
- [5] ONU, La déclaration universelle des droits de l'homme, 2015.
- [6] PNUD, *Rapport sur le développement humain: Un Meilleur Avenir pour Tous*, 1 UN Plaza, New York, NY 10017, USA, 2011.
- [7] PNUD et OPHI, L'Indice de pauvreté multidimensionnelle au service des ODD: comment élaborer un IPM national, Université d'Oxford, USA, 2019.
- [8] Fabrice Hatem et Diana Malpede, Le développement humain: Genèse et perspective d'un concept, 1992.
- [9] Béatrice Beaufils, *La qualité de vie*, GRIFS, Université Paris 8, RDR « Santé, vieillissement, société », 1997.
- [10] Bernard CONTE, Le développement: concept et différentes approches <http://conte.u-bordeaux4.fr/Enseig/Lic-ecod/intro1.htm>, 2001.
- [11] Gérard Boismenu, *L'inégalité des ressources en perspective comparée*, Ministère des Affaires municipales et des Régions (MAMR), Fondation Lucie et André Chagnon, Ministère de l'Emploi et de la Solidarité sociale (MESS), Ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS), Société d'habitation du Québec (SHQ). 2009.

- [12] C. Vandermotten, D. Peeters, M. Lennert, *Le PIB et ses insuffisances comme mesure du développement régional*, Rapport pour le groupe des Verts / Alliance libre européenne au Parlement européen, Université libre de Bruxelles, Faculté des Sciences, IGEAT (Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire), 2011.
- [13] Jacques Fontanel, Jean-François Guilhaudis, Les effets « pervers » de l'usage du PIB pour la décision politique et les relations internationales. Comment en sortir ? 2017.
- [14] PNUD, *Indices et indicateurs de développement humain*, Édition et réalisation: Communications Development Incorporated, Washington DC, Etats Unis, 1 UN Plaza, New York, NY 10017 États-Unis, 2018.
- [15] Jérôme Accardo, Fabrice Murat, Gaël de Peretti, L'indice de développement humain: une approche individuelle, INSE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques), 2006.
- [16] Marc Fleurbaey et Guillaume Gaulier, Comparaison internationale de niveau de vie, un nouvel indicateur, Les Essais de Telos-Eu, 2011.
- [17] INSE, *Niveau de vie*, 2009. [Online] Available: <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1890>.
- [18] Joseph Emmanuel Mata, Conditions et niveaux de vie dans une région en mutation, une analyse économétrique de la consommation des ménages dans le Nord-Pas-de-Calais, Thèse de Doctorat en Sciences Économiques, UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LILE, Faculté des Sciences Économiques et Sociales, 1999.
- [19] Sidbéwendin David Olivier Ilboudo, Issa Sombié, André Kamba Soubeiga, Tania Dræbel, *Facteurs influençant le refus de consulter au centre de santé dans la région rurale Ouest du Burkina Faso*, Dans Santé Publique, Éditions S.F.S.P., 2016.
- [20] Natalie Lavoie, Jean-Yves Levesque, Shanoussa Aubin-Horth, Lucille Roy et Sylvie Roy, UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI, Obstacles à la participation des adultes peu scolarisés à des activités de formation dans un cadre d'éducation formel et non formel, Rapport de la recherche, Les Éditions Appropriation, 2004.
- [21] Abdelkhalek Touhami et Dorothee Boccanfuso, Indice de pauvreté multidimensionnelle et programmes de protection sociale, Publication des Nations Unies, CESA0, United Nations House, Riad El Solh Square 2022.

Étude d'un Nouveau Chargeur Solaire de Batteries pour Sac d'Étudiant Connecté à un Moniteur Graphique Android d'Énergie de Charge

[Study Of a New Solar Battery Charger for Connected Student Bag to an Android Graphical Monitor for Load Energy]

Nkoulou Nkoulou Ninon Rosine, Etouke Owoundi Paul, Mbihi Jean, and Nneme Nneme Léandre

Research Laboratory of Computer Science Engineering and Automation, University of Douala, ENSET, Douala, Cameroon

Copyright © 2023 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 is deals with a solar battery charger to be embedded into an Android student bag model. It is a new multipurpose ESP32-based microcontroller for: a) solar energy conversion into regulated DC energy for charging Lithium-Polymer batteries; b) digital acquisition of battery electrical energy data; c) Bluetooth transmission of this energy data to an Android monitor. On the ESP32 microcontroller side, the application program required for data acquisition and Bluetooth server configuration, is developed using Arduino IDE-C++. Then, on the Android terminal side, a Smartphone equipped with a configured application for virtual monitoring of the charging energy data of the powered battery. Finally, an experimental prototype of the proposed device is pointed out and well tested, then he testing results obtained and presented are very satisfactory.

KEYWORDS: Solar battery charger, ESP32 microcontroller, electric energy data, Bluetooth server, Android virtual monitor.

RESUME: Cet article porte sur un *chargeur solaire de batteries* à embarquer à bord d'un modèle de sac d'étudiant Android. C'est un nouveau dispositif multifonctions à base du *microcontrôleur ESP32* conçu pour: a) la conversion d'énergie solaire en énergie électrique régulée pour la charge de batteries au Lithium-Polymère; b) l'acquisition numérique des données d'énergie électrique de charge de la batterie; c) la *transmission Bluetooth* de ces données d'énergie à un moniteur Android. Du côté de l'ESP32, le programme d'application requis pour l'acquisition de données et la configuration du *serveur Bluetooth*, est développé dans *Arduino IDE-C++*. Puis, du côté du terminal Android, un Smartphone équipé d'une application configurée sert de *moniteur virtuel Android* des données d'énergie de charge de la batterie alimentée. Enfin, un prototype expérimental du dispositif est réalisé est bien testé, puis les résultats d'essais obtenus et présentés sont très satisfaisants.

MOTS-CLEFS: Chargeur solaire de batterie, microcontrôleur ESP32, données d'énergie électrique, serveur Bluetooth, moniteur virtuel Android.

1 INTRODUCTION

Le fonctionnement durable des systèmes embarqués sans fil alimentés par batterie est un défi majeur [1] – [7], et des efforts de recherche considérables ont été consacrés à l'optimisation énergétique [8] – [15] de ces derniers. De nos jours, les technologies de systèmes d'alimentation électrique dédiés aux sacs portables sont nombreuses. On distingue [16]: a) Batterie d'accumulateurs isolée, qui se décharge continuellement pendant tout son temps de service; b) Power Bank, qui n'est pas une source d'énergie renouvelable en temps réel; c) Panneau solaire assisté d'une interface de conversion de l'énergie électrique; d) combiné panneau solaire assisté par microcontrôleur de géolocalisation du sac en cas de vol ou de perte. Cependant, à notre connaissance, les fonctions de communication déployés pour les sacs portables, ne sont pas étendues aux services d'instrumentation et de monitoring en temps réel des données opérationnelles du chargeur de batterie solaire embarqué au sac portable.

Ainsi, cet article scientifique porte sur un nouveau modèle de chargeur solaire de batterie assisté par microcontrôleur ESP32 pour sac portable Android d'étudiant. Il offre un service complet d'instrumentation avec monitoring par Smartphone via un média de transmission Bluetooth, des données d'énergie de charge de la batterie. Les outils et méthodes d'étude avec mise en ouvre de ce dispositif sont présentés dans la section 2, Puis, les résultats d'essais effectués sont présentés et discutés dans la section 3. Enfin, la conclusion de l'article est mise en évidence dans la sections 4.

2 OUTILS ET MÉTHODES

2.1 SCHEMA BLOC

La figure 1 décrit le schéma bloc complet du nouveau modèle de chargeur solaire communiquant, à monter à bord de modèle de sac d'étudiant. Les 8 modules constitutifs sont numérotés de (a) à (h). Par ailleurs, le tableau 1 décrit les outils matériels requis pour le prototypage de ce modèle de chargeur solaire de batterie. Dans le tableau 1, des informations détaillées sont nécessaires sur 2 modules constitutifs, à savoir: chargeur de batterie et capteur de courant.

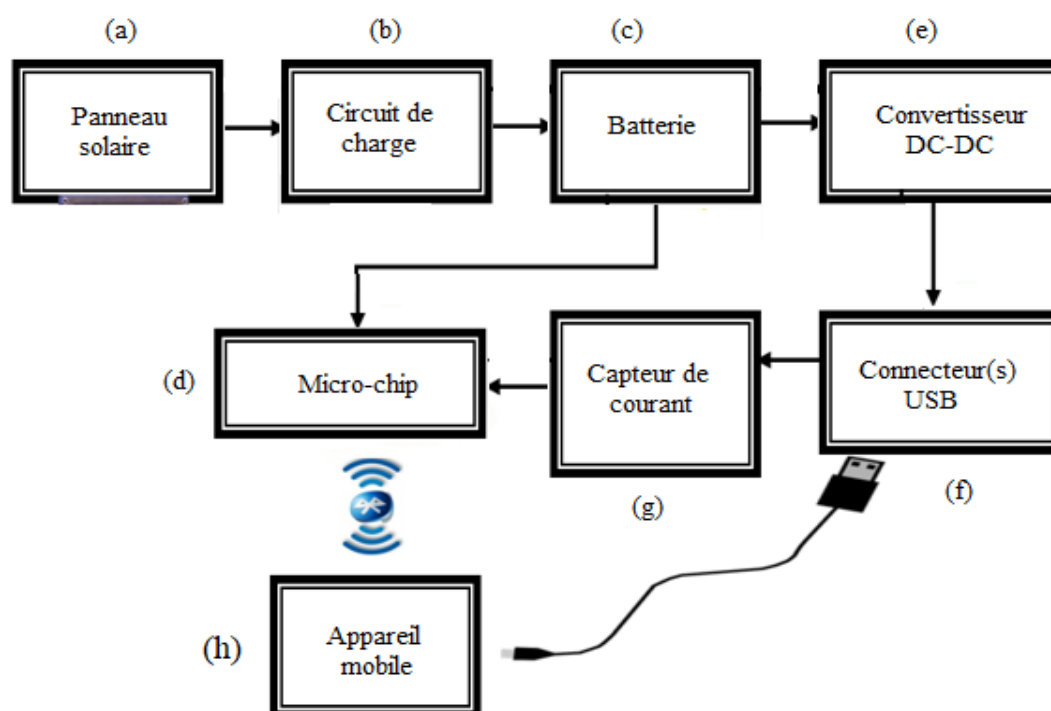


Fig. 1. Schéma bloc du nouveau modèle de chargeur de batteries

2.2 OUTILS MATERIELS

Tableau 1. Outils matériels requis

Numéros	Illustrations	Caractéristiques
(a) Panneau solaire [17] – [19]	 Panneau solaire	Un mini panneau 10 Watt, 6 V
(b) Circuit de charge	Circuit électronique (Voir Fig.2)	À base de XL6009 IC
(c) Batterie	 Batterie	Économique au lithium-polymère
(d) Micro-chip ([20] – [24])	 ESP32	Vcc: 3.2 V - Bluetooth/BLE 4.0 - Ports CAN - Pilote Arduino IDE/C++
(e) Régulateur de tension ([25] – [29])	 DC- DC XL6009	A base du XL6009/5V
(f) Connecteur et câble	Électrique	Pour ports USB, 5V, 10 W
(g) Capteur de courant	Circuit électronique (Voir Fig. 3)	A base du LM358N
(i) Smartphone	Smartphone 	Galaxy S3

2.3 METHODES D'ANALYSE

S'agissant du circuit de charge de la batterie, son schéma de principe est présenté dans la figure 2 [30]. Dans le circuit de charge, les valeurs des résistances sont calculées en vue du calcul de la valeur de V_{ref} donnée par l'équation (1).

$$V_{\text{ref}} = 5 \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

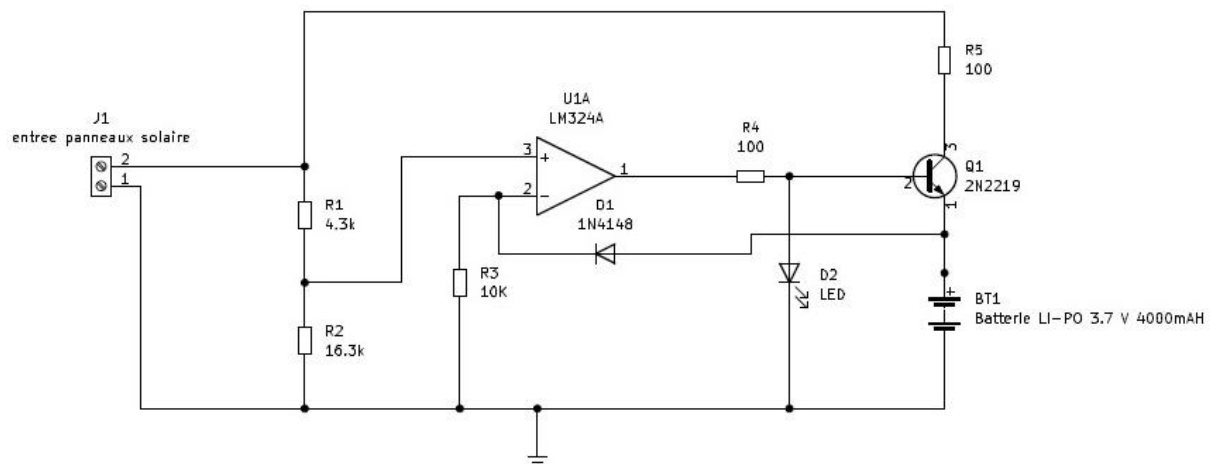


Fig. 2. Circuit électrique de charge de la batterie

Le mode de fonctionnement du circuit peut être résumé comme suit:

- Lorsque la tension de la batterie est supérieure à 04 volts, la tension renvoyée à l'entrée inverseuse sera supérieure à 03,5 volts ceci à cause de la tension inverse de la diode. La sortie de l'ampli OP bascule à la masse et le transistor Q1 s'ouvre. Ceci isole la batterie de la tension de charge et la batterie reste en sécurité
- Lorsque la tension de la batterie est inférieure à 04V, la tension renvoyée à l'entrée inverseuse est inférieure à 03,5V et la sortie de l'ampli OP passe en saturation positive. Le transistor est alors activé et la batterie commence à se charger. La résistance R6 limite le courant de charge (2) de la batterie à 60 mA

$$I_b = \frac{(V_{cc} - V_{cesatQ1} - V_b)}{R_4} = \frac{(9 - 0,2 - 2,7)}{100} = 0,061 \text{ Ohm} = 61 \text{ mA} \quad (2)$$

Avec:

V_{cc}: Tension d'alimentation;

V_{cesatQ1}: Tension collecteur-émetteur de Q1 pendant la saturation;

V_b: Tension de la batterie lorsqu'elle est déchargée;

R₄: Résistance de limitation de courant;

I_b: Courant de charge.

L'équation (3) utilisée ici est issue de la méthode *Coulomb Counting* [30].

$$SOC = SOC_0 + \frac{\int_{t_0}^{t_0+\tau} I_{bat} \Delta \tau}{Q_n} 100 \quad (\%) \quad (3)$$

Avec: SOC = *State of Charge* ou état de charge en français, SOC₀ = SOC initial de la batterie, I_{bat} = Courant à travers la batterie et Q_n = Capacité nominale de la batterie.

On distingue 2 modes de fonctionnement, en fonction des variations de la quantité de charge définie par les équations (4).

$$\int_{t_0}^{t_0+\tau} I_{bat} \Delta \tau > 0 \text{ (modèle en charge)} \quad (4)$$

$$\int_{t_0}^{t_0+\tau} I_{bat} \Delta \tau < 0 \text{ (modèle en décharge)}$$

Le calcul de l'état de charge de la batterie, en utilisant le modèle adéquat. Lorsque la batterie se charge, le niveau de charge est calculé en utilisant l'équation (5). Par contre, l'équation (5) est valable pour la séquence de décharge de la batterie.

$$SOC(t + \tau) = SOC(t) + \frac{\int_t^{t+\tau} I_{bat} \Delta \tau}{Q_n} 100 \quad (\%) \quad (5)$$

$$DOD(t + \tau) = DOD(t) - \frac{\int_t^{t+\tau} I_{bat} \Delta \tau}{Q_n} 100 \quad (\%) \quad (6)$$

Par ailleurs, la valeur DOD (t) est mise à jour à la fin de chaque opération de charge, en utilisant la relation (7), alors que l'équation (8) définit la durée de charge restante:

$$DOD(t) = SOC(t) - 100 \quad (\%) \quad (7)$$

$$t_{restant} = t_{moyen} SOC \quad (8)$$

Avec:

t_{restant} = Temps de charge restant;

t_{moyen} = Durée moyenne d'une charge complète

Finalement, l'équation (9) traduit l'erreur d'estimation.

$$\varepsilon = \text{SOC (estimée)} - \frac{\text{SOC (mesurée)}}{\text{SOC (nominal)}} 100 \quad (9)$$

En particulier, lorsque la tension à vide est comprise entre [3,34, 3,75] le SOC s'exprime comme suit:

$$\text{SOC} = 482,5 \text{ OCV}^2 - 54,66 \text{ OCV} - 1001 \quad (10)$$

Puis, lorsque OCV est comprise entre] 3,75, 4] le SOC est donné par:

$$\text{SOC} = -261 \text{ OCV}^2 + 2163 \text{ OCV} - 4402 \quad (11)$$

Par ailleurs, lorsque $\text{OCV} > 4$ l'expression du SOC devient:

$$\text{SOC} = 177,7 \text{ OCV} - 640,6$$

S'agissant du circuit capteur de courant, le capteur décrit par le schéma de principe de la figure 3, contient une résistance shunt de valeur faible 0,22 Ohm. Il permet de déterminer le courant absorbé par la charge et l'amplificateur opérationnel LM358N.

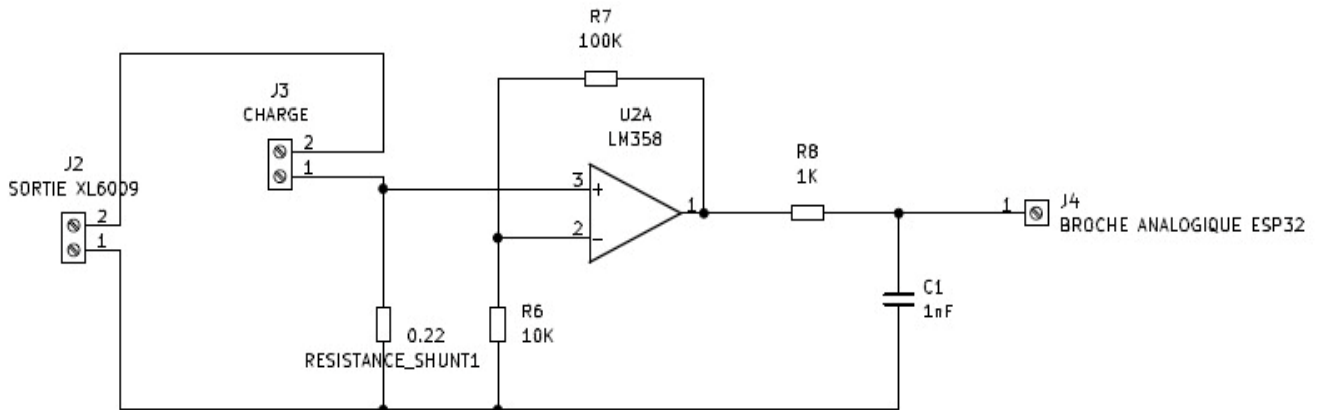


Fig. 3. Capteur de courant

Enfin, vu du côté opératoire local, le schéma algorithmique complet de l'instrument proposé est donné par la Fig. 4. La Fig. 4a correspond à celle du programme principal, alors que la Fig. 4b est celle du sous-programme de calcul en temps réel des données d'énergie de charge de la batterie.

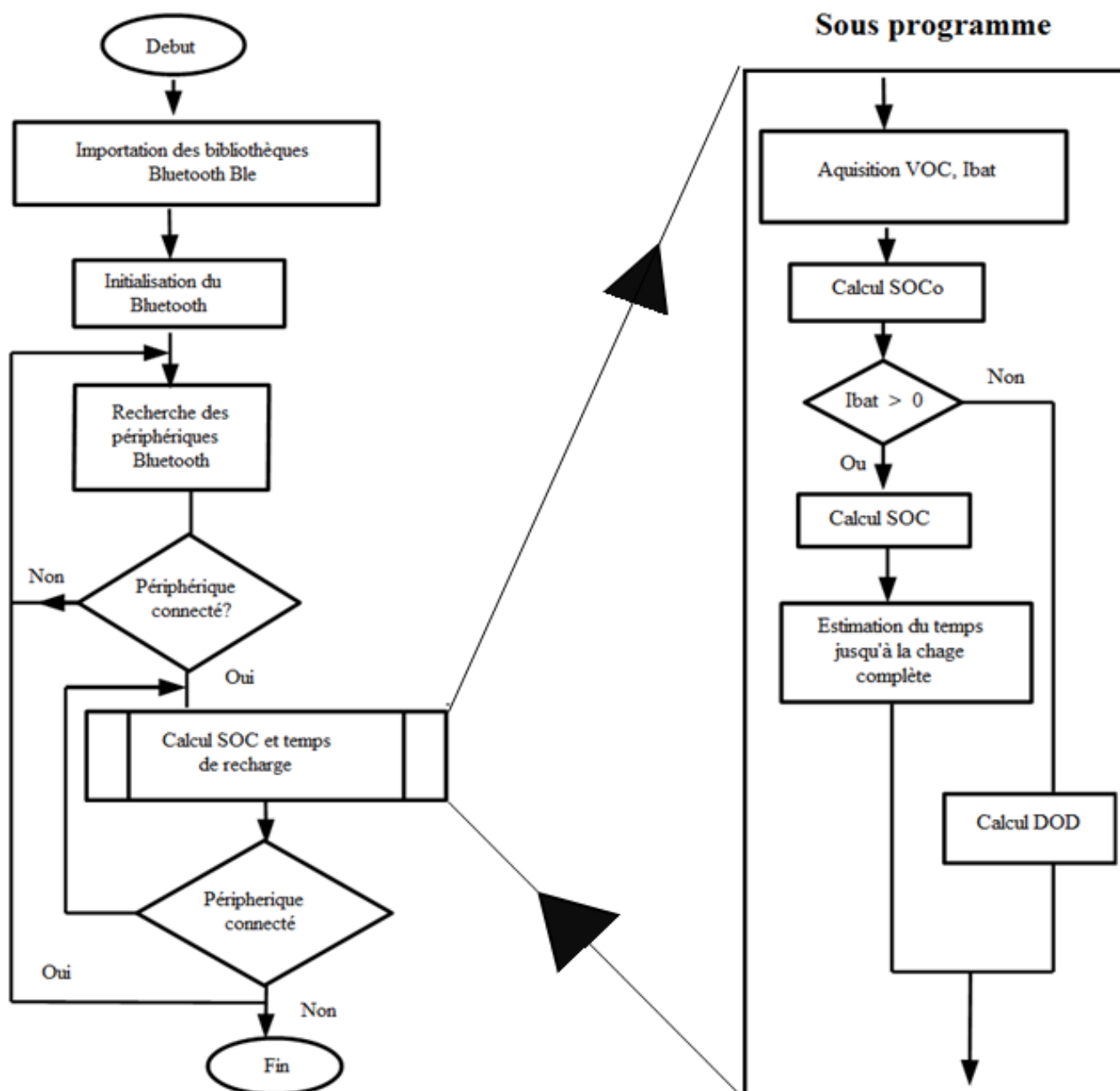


Fig. 4. Schéma algorithmique complet du dispositif proposé

Un programme C++ complet qui a été mis en œuvre dans Arduino IDE-C++, équipé préalablement des bibliothèques logicielles compatibles ESP32 et Bluetooth/BLE. La Fig. 5 montre un exemple de copie d'écran d'une portion de ce programme Arduino C++. On constate dans ce programme que:

- Une bibliothèque Bluetooth à l'entête chargé de gérer en temps réel les services de communication des données d'instrumentation entre la carte ESP32 et le terminal Bluetooth Android
- Un champ de données globales déclarées de divers types: unsigned long, constant int ou bytz, double et float
- Une fonction globale d'initialisation d'acquisition numérique d'un signal analogique

La suite de l'application C++ contient les procédure de calcul numérique des données SOC et DOC requises, à mettre en forme pour transmission conforme moniteur au terminal Smartphone.

```

coulomb_countingesp32$

#include "BluetoothSerial.h"

#if !defined(CONFIG_BT_ENABLED) || !defined(CONFIG_BLUEDROID_ENABLED)
#error Bluetooth is not enabled! Please run 'make menuconfig' to enable it
#endif

BluetoothSerial SerialBT;

unsigned long startMillis;
unsigned long currentMillis;
const int period = 1000;
const byte ledPin = 13;
#define INPUT_VOLTAGE_SENSE_PIN 33
double R1= 100000; //100K
double R2 = 10000; // 10K
double R1 0.22 //0.22
float current = .4;
float totalCoulombs = 0.0;
double current_value(int pin_no)
{
    double tmp = 0;
    double ADCVoltage = 0;
    double moy = 0;
    for (int i = 0; i < 150; i++)
    {
        tmp = tmp + analogRead(pin_no);
    }
    avg = tmp / 150;
}

```

Fig. 5. Copie d'écran d'une portion de programme C++ dans Arduino C++

Par contre, vu du côté moniteur sans fil des données de l'énergie du chargeur de batterie solaire, on a:

- Un terminal smartphone;
- Une application THUNKABLE pour Android installée et configurée dans ce smartphone, et utilisée comme; moniteur virtuel en temps réel des données d'énergie du notre modèle de chargeur solaire communicant;
- Un opérateur humain du smartphone qui est bien entraîné pour la mise en service et l'utilisation de l'application Android THUNKABLE

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

La Fig. 6 présente une vue de dessus du dispositif expérimental réalisé et bien testé dans ce travail de recherche. Une légende des éléments constitutifs de ce nouveau dispositif est prévue dans cette figure.

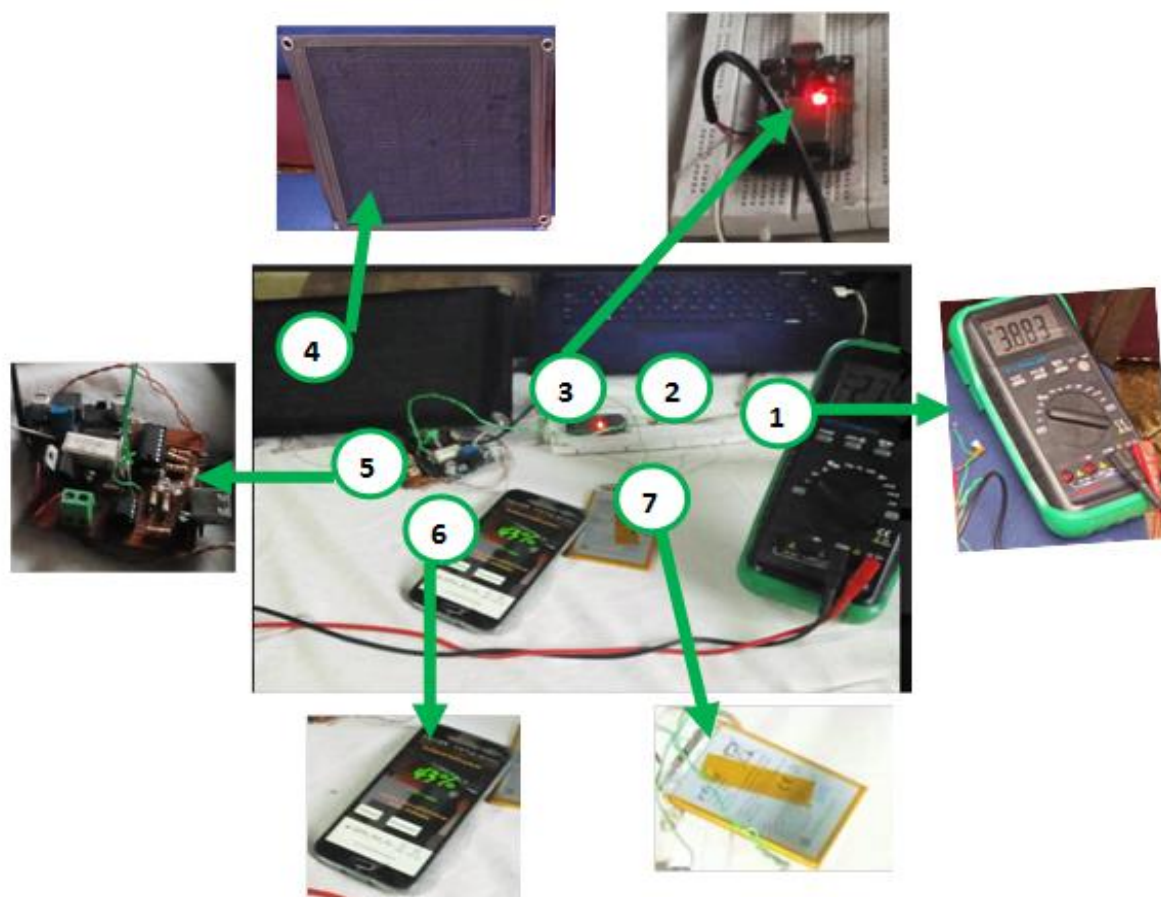


Fig. 6. Prototypé expérimental du nouveau modèle de chargeur proposé

LEGENDE

1. ESP32
2. Plaque à essais
3. Multimètre
4. Batterie
5. Téléphone
6. Circuit de charge
7. Plaque solaire

3.1 RÉSULTATS DE L'ALGORITHME D'ESTIMATION DE L'ÉTAT DE CHARGE

Ici, la tension, le courant et le temps de fonctionnement sont contrôlés toutes les 5 secondes. Le courant de la batterie est positif pour la charge et négatif pour la décharge. Le SOC estimé l'accumule pendant la période de charge, et diminue en mode de décharge. Des points de tests sont sélectionnés, soit pendant la phase de charge, soit pendant la phase de décharge. La batterie est déchargée avec 0,2 C à la tension de coupure. Les capacités cumulées mesurées sont comparées aux SOC estimés aux points de tests, pour vérifier la précision de la méthode de l'estimation. La figure 7 présente une estimation du SOC.

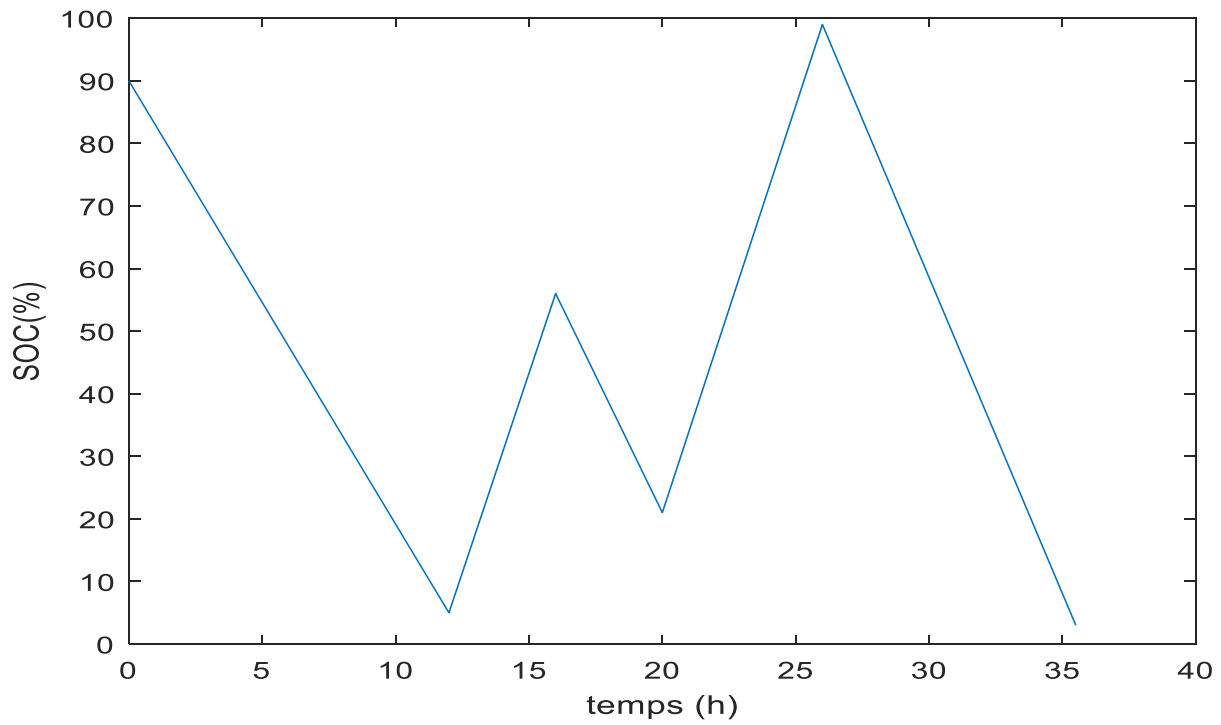


Fig. 7. Estimation du SOC

L'expérimentation a duré 35 h 20 min, la batterie a été chargée à un taux constant d'environ 0,45 C avec une tension de charge de 3.85 V; initialement l'état de charge est de 90%. Sept points de tests ont été sélectionnés, et les estimations des erreurs à ces différents points ont été calculées. On constate ainsi que l'erreur pour les 06 points de test choisis, ne dépasse pas 5,5%. La figure 8 présente l'estimation des erreurs du SOC.

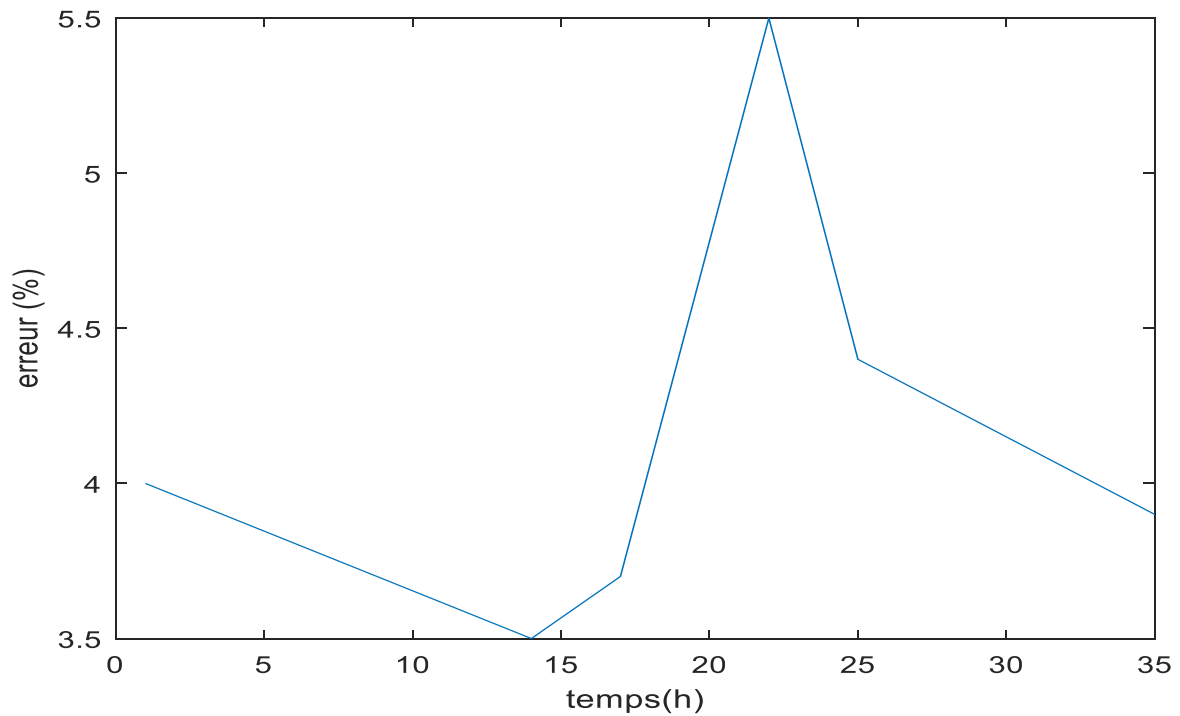


Fig. 8. Estimation des erreurs du SOC

3.2 RÉSULTATS DU CIRCUIT DE CHARGE

Afin de pouvoir évaluer les performances de notre système, nous avons mené plusieurs essais. Les essais ont été réalisés par temps nuageux le 22/07/2022 à Douala, au Cameroun. Le panneau solaire a été placé à un angle 45° par rapport au sol dans un espace ouvert, sans obstruction. La charge de départ de la batterie était de 5 %.

L'état de charge du téléphone mobile a été enregistré toutes les 15 min; en termes de pourcentage, le résultat est présenté à la figure 9. On constate ainsi que la charge complète d'une batterie de 5000mAh est effectuée en 05 Heures.

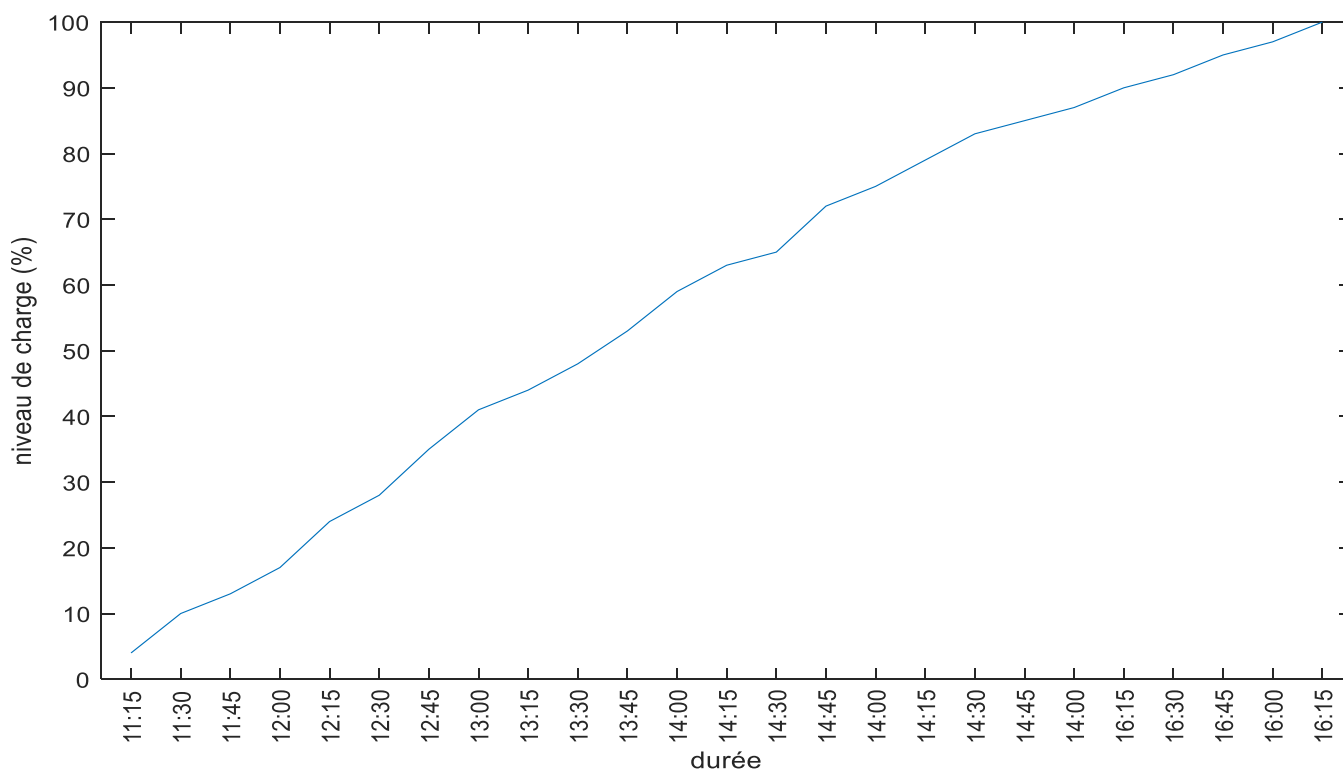


Fig. 9. État de charge du téléphone mobile

3.3 RÉSULTATS ISSUS DE L'ÉTAT DE CHARGE INITIALE

Nous avons donc mené une expérimentation en vue d'établir une relation entre la tension à vide mesurée et l'état de charge. Dans un souci de simplification et précision, la courbe expérimentale a été divisée en 3 régions, représentées sur les figures 10, 11, 12.

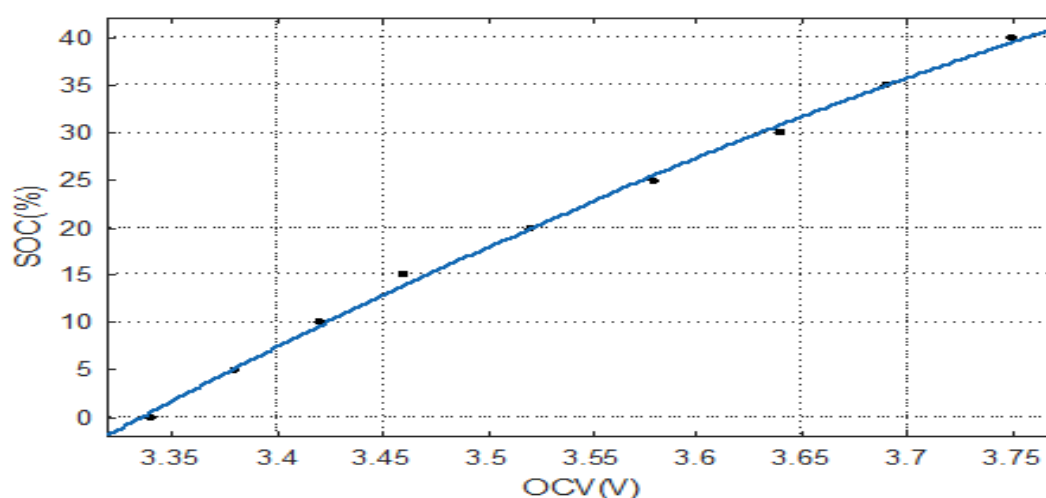


Fig. 10. 1^{ère} courbe présentant la relation entre la tension à vide mesurée et l'état de charge

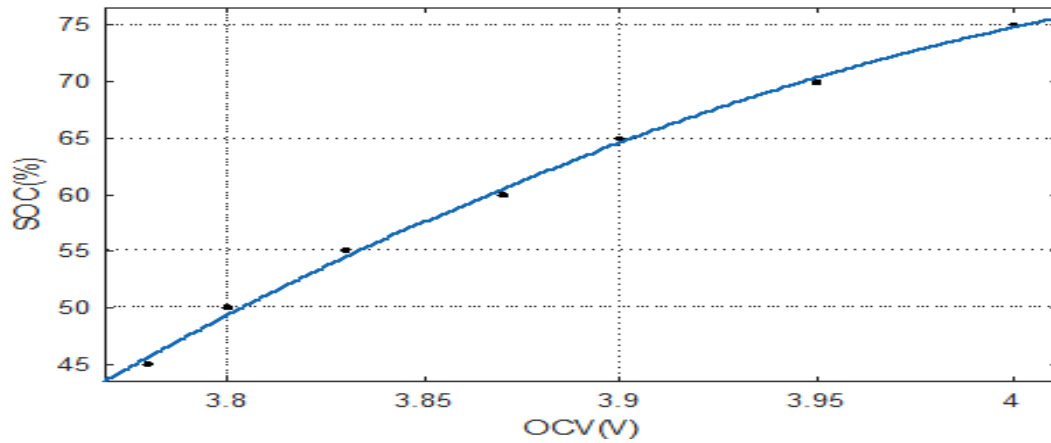


Fig. 11. 2ème courbe présentant la relation entre la tension à vide mesurée et l'état de charge

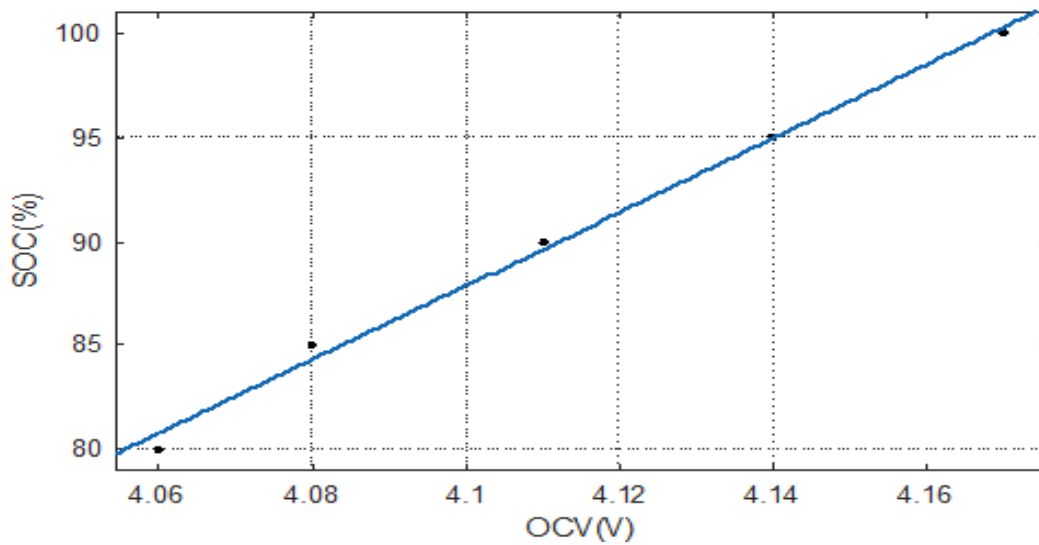


Fig. 12. 3ème courbe présentant la relation entre la tension à vide mesurée et l'état de charge

3.4 RÉSULTATS DU TEST DU SYSTÈME DE COMMUNICATION ET PRÉSENTATION DE L'APPLICATION

Afin de tester le système de communication, l'application Android a été installée sur un Smartphone Android Galaxy S3. Le premier écran présente l'écran de connexion. Il permet d'afficher tous les périphériques BLE présents aux alentours et de nous connecter à celui correspondant à notre microcontrôleur ESP32. La figure 13 présente l'écran de connexion.

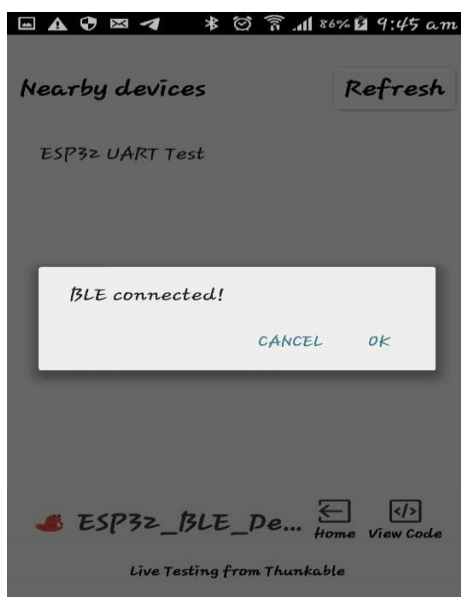


Fig. 13. Écran de connexion

Après une connexion réussie, le deuxième écran s'ouvre. Celui-ci nous permet d'une part de connaître le niveau de charge de la batterie, envoyé par le microcontrôleur, et d'autre part, nous offre la possibilité de nous déconnecter d'un périphérique Bluetooth grâce au bouton "disconnect" ou d'ouvrir à nouveau le premier écran de connexion grâce au bouton "connect". La figure 14 présente l'écran de lecture du niveau de charge de la batterie.

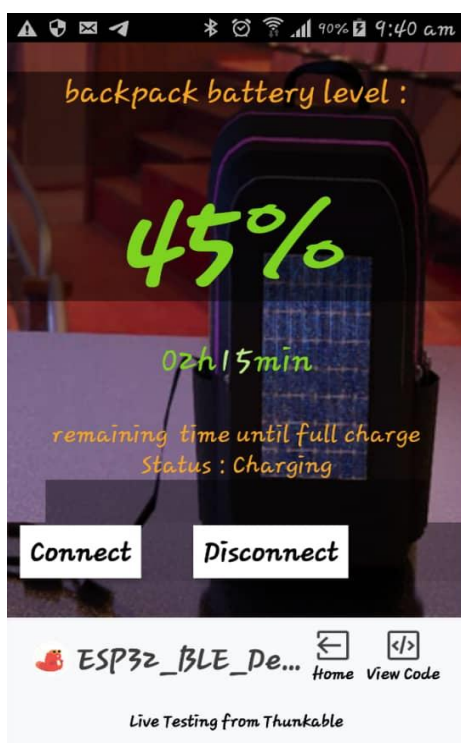


Fig. 14. Écran de lecture du niveau de charge

4 CONCLUSION

Cet article a proposé un système de recharge et de surveillance de la batterie, à base du microcontrôleur ESP32 et d'un terminal de monitoring Android. Ce nouveau système est capable non seulement de recharger de manière efficace et sécurisée une batterie lithium-polymère à partir de l'énergie solaire, mais de faciliter aussi la surveillance de l'état de charge de cette dernière. Le système a été appliqué

avec succès et tous les schémas expérimentaux initiés et décrits dans cet article ont été testés. Les travaux futures consistent à embarquer ce nouveau chargeur solaire à bord du sac d'étudiant. Les fonctionnalités de cette nouvelle génération de nouveaux sac d'étudiant intelligents pourront s'étendre aux services techniques de géolocalisation par GPS et GSM. Ces nouvelles font l'objet de nos travaux de recherche en cours.

REFERENCES

- [1] V. Boitier, « Alimentations électriques autonomes à partir de sources d'énergie ambiante pour des systèmes de mesures sans fils: applications à l'aéronautique et à d'autres contexte exigeants. », PhD Thesis, Université Toulouse 3 Paul Sabatier, 2022.
- [2] A. Cherigui, A. Badra, et others, « Modélisation et Simulation d'un Véhicule Electrique à Piles à Combustible », PhD Thesis, university of M'sila, 2022.
- [3] J.-M. JEZEQUEL, L. TORRES, R. de SIMONE, C. MOY, P. LERAY, et P. HOUEIX, « Stéphane LECOMTE ».
- [4] S. Lamouri, « Etude de l'optimisation d'énergie dans un système hybride avec stockage », PhD Thesis, UNIVERSITÉ KASDI MERBAH OUARGLA.
- [5] C. Slimani, « Vers des algorithmes d'apprentissage automatique économes en E/S pour les systèmes embarqués: application aux K-means et Random Forests », PhD Thesis, Université de Bretagne occidentale-Brest, 2022.
- [6] S. H. Suárez, « Gestion de l'énergie d'un système de piles à combustible alimenté par un réservoir d'hydrogène à hydrure métallique », PhD Thesis, Université Bourgogne Franche-Comté, 2022.
- [7] A. Yasmine, « La poubelle intelligente ».
- [8] O. BECHARA Charly et CORTIJO, Santiago et HERON, « Problèmes et défis ».
- [9] M. R. Lemaire M. Vincent et Azé, MJérôme et Heydemann, Mme Karine et Méhaut, M. Jean-François et Santana, M. Miguel et Termier, M. Alexandre et Quiniou, « Réduction à la volée du volume des traces d'exécution pour l'analyse d'applications multimédia de systèmes embarqués ».
- [10] « Contribution à l'amélioration de la production de béton prêt à l'emploi : exploitation de capteurs embarqués pour la détection de fin de malaxage, la mesure de densité et l'anticipation de l'évolution de l'affaissement », PhD Thesis.
- [11] « Contributions pour l'utilisation des machines parallèles, réparties et hétérogènes à travers le prisme de la gestion des données partagées », PhD Thesis, Université de Rennes 1.
- [12] « électromagnétique pour alimenter des objets connectés à faible consommation ».
- [13] « Énergie et numérique : se préparer à un autre combat », in *Annales des Mines-Responsabilité et environnement*, p. 30-36.
- [14] « Gestion de la consommation d'énergie dans un logement ».
- [15] « Spécification et compilation de réseaux de neurones embarqués », PhD Thesis, Sorbonne université.
- [16] Prince Sharma, Himanshu Kumar Jaiswal, Prashant Tyagi, Pulkit Mittal, Shubham Shukla, « Designing a Smart Bag Using Cyber Physical Devices », *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol. Vol 10 Issue 4 Pp 404-712 April 2022*.
- [17] D. Mida, « Contribution à la Modélisation d'un Système de Production d'Energie Electrique Hybride «Eolien-Photovoltaïque» », PhD Thesis, Université Mohamed Khider-Biskra, 2019.
- [18] محمد ع. الكمام, « Etude Comparative des Différent Type de Stockage de l'Energie Photovoltaïque pour l'Entrainement des Véhicule solaires », 2018.
- [19] D. Billel, « L'ÉNERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE POUR UNE AUTOCONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DES MOSQUÉES DE CONSTANTINE », *Rev. Sci. Hum. Soc.*, vol. 7, n° 2, p. 587-597, 2021.
- [20] J. M. Paul Owoundi Etouké Léandre Nneme Nneme, « ESP32-Based Workbench for Digital Control Systems of Duty-Cycle Modulation Buck Choppers », *Int. J. Sci. Res. Comput. Sci. Eng.*, vol. 8, n° 6, p. 62-67, déc. 2020.
- [21] S. E. Ndongo, J. Mbihi, J. T. Ngo Bissé, et C. N. Malongte, « Study and experimental prototyping of a digital instrument for detection and acquisition with local monitoring on LCD of ionizing radiations using BG51 module and ESP32 microchip », *Algerian J. Eng. Technol.*, vol. 5, p. 55-63, nov. 2021, doi: 10.5281/zenodo.5717122.
- [22] S. Bassok et J. Mbihi, « Study of a digital instrument assisted by ESP32 for geolocation and detection of children's ECGs », *Int. J. Innov. Appl. Stud.*, vol. 57, n° 1, p. 12-23, 2021.
- [23] H. Habiba, J. Mbihi, R. Nzuku, et C. B. Rémy, « Study of an ESP32 based biomedical instrument for digital acquisition and local monitoring of healing state parameters of second degree burned human skin », *Int. J. Innov. Sci. Res.*, vol. 56, n° 1, p. 15-27, 2021.
- [24] Rachel Apoline Nguefack Assona1, *, Bruno Kenfack2, et and Jean Mbihi1, « Study of an ESP32-Based Biomedical Instrument for Digital Urine Detection and Local Monitoring in a Hydrophyte Composite Textile Medium », *Eur. J. Adv. Eng. Technol.* 2021 8101-8, p. 1 & 8, 2021.
- [25] J. Aguilar-Peña, C. Rus-Casas, L. Hontoria, J. Fernández-Carrasco, et F. Baena, « Low-cost commercial circuit boards for internships with engineering students », in *2022 Congreso de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica (XV Technologies Applied to Electronics Teaching Conference)*, IEEE, 2022, p. 1-6.
- [26] S. Özküçük et S. A. Özen, « Isolated solar electronic unit design including capacitive storage for the uninterruptible power supply of critical DC loads », *Sol. Energy*, vol. 214, p. 367-376, 2021.
- [27] S. Shin et H. So, « Time-dependent motion of 3D-printed soft thermal actuators for switch application in electric circuits », *Addit. Manuf.*, vol. 39, p. 101893, 2021.

- [28] A. Supardi, M. Y. Raya, et others, « Development of a Low Cost Portable Hydro and Wind Power as Emergency Power Source», in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2021, p. 012049.
- [29] E. C. Wicaksono, « Analisa Unjuk Kerja Maximum Power Point Tracker (MPPT) Berbasis Arduino Dengan Algoritma Peturb And Observe (P&O) Serta Fuzzy Logic», PhD Thesis, ITN MALANG, 2021.
- [30] G. L. Plett, Battery management systems, Volume II: Equivalent-circuit methods. Artech House, 2015.

Confrontations géopolitiques dans le contexte d'un ordre mondial contesté au 21^{ème} siècle: Aperçu de la Russie Poutinienne

[Geopolitical confrontations in the context of a contested world order in the 21st century: A snapshot of Putin's Russia]

Mikobi Mikobi Jean Paul, Mongenu Mbaka Anny, and Kuminga Mulaba Doudou

Relations Internationales, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

Copyright © 2023 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 ordered global village on one side remains anarchy on the other side, due to the absence of a single regulatory body. Of life (State custom), states run the risk of being described as a rogue or civilized state, wrongly or rightly. It is in this context that Russia stands out between the recomposition of the glory of yesteryear (USSR), at the risk of being disapproved, and the acceptance of Western values. Would it be necessary to give up its essence in order to please a world interdependent codified? A real problem that we qualify as: geopolitical confrontations where geopolitical clashes of powers arise, this trial and error inspired the very object of this study which is the return to the natural space of Russia, and the Western perception of the facts. Thus, so it remains to be seen whether is the harmonization of the international system a necessity or an issue? Even if the acceptance by Russia of the world order is a naivety for the latter? Is this Russian refusal justified? Will be the questions addressed in this study. An analysis carried out between 2022-2023 provided this summary.

KEYWORDS: Confrontation, geopolitics, world order, foreign policy.

RESUME: Le village mondial ordonné d'un côté, reste de l'autre bord, une anarchie par l'absence d'organe unique régulateur. Le dilemme d'un monde uniformisé sous le label « Ordre mondial », est passé des contestations en contestations générationnelles. Toutefois, entre l'acceptation d'un mode de vie internationalement approuvé, et la sauvegarde des valeurs tout en taillant son mode de vie (Coutume étatique), les Etats courent le risque d'être qualifiés d'Etat voyous ou civilisés, à tort ou à raison. C'est dans ce contexte que la Russie, s'illustre entre la recomposition de la gloire d'Antan (URSS), au risque d'être désapprouvée, et l'acceptation des valeurs occidentales. Faudrait-il renoncer de son essence pour ainsi, plaire à un monde interdépendant codifié ? Un véritable problème que nous qualifions de: « Confrontations géopolitiques » ou « Chocs géopolitiques » des puissances se pose. Ce tâtonnement a inspiré l'objet même de cette étude qui est le retour à l'espace naturel de la Russie, et la perception occidentale des faits. Ainsi donc, il reste à savoir si l'harmonisation du système international est une nécessité ou un enjeu ? Encore si l'acceptation par la Russie de l'ordre mondial est une naïveté pour cette dernière ? Ce refus russe est-il fondé ? Seront les questions abordées dans cette étude. Une analyse réalisée entre 2022-2023 a fourni ce condensé.

MOTS-CLEFS: Confrontation, géopolitique, Ordre mondial, Politique étrangère.

1 INTRODUCTION

La multiplicité d'actions individuelles de chaque Etat attire l'attention des tenants d'un monde ordonné autour des valeurs estimées communes à tous les Etats. C'est dans un contexte, ou le plus fort tente d'imposer ses valeurs aux autres. Tout est

parti du souci des acteurs étatiques de répondre à la question de sécurité collective et de transparence que doivent se procurer les Etats du village mondial, en réponse aux activités ou politiques estimées criminelles. Il peut s'agir du terrorisme, de la non-application de la démocratie, de l'annexion de certains Territoires étrangers. Dans cet ordre d'idées, il se dégage trois blocs dont: les tenants d'harmonisation du village mondial, les contestataires d'imposition des politiques estimées impérialistes; alors que d'autres, se positionnent à la troisième voie, celle d'abstention. En dernier essor, certains Etats non-alignés à la nouvelle donne, sont victimes d'un embargo, voire des sanctions ciblées aux individus jugés nocifs à la réglementation. Il peut s'agir aussi, d'un gel des avoirs suivi d'une interdiction formelle de fouler le sol du territoire lésé. Tout cet arsenal des mesures est une réponse au comportement des Etats non-partants pour un système international codifié et unifié autour des valeurs communes.

2 MATERIELS ET METHODES

La *Théorie Behavioriste* et *réaliste* ont été jugées aptes et adéquates pour nous appréhender de la question sous-examen. La théorie béhavioriste se résumant dans illustration du comportement des Etats sur la scène internationale; alors que la *théorie réaliste* par l'illustration de son postulat de confrontation des puissances qui existe entre les Etats qui se sont engagés dans la codification du village mondial. La *technique d'observation documentaire* qui se résume en une compilation des différents documents officiels, viendra en appui à cette démarche.

3 DISCUSSION

Nous aurons dans cette discussion, Quatre grands points dont: L'harmonisation du village mondial: un enjeu ou une nécessité ?; L'acceptation de l'ordre mondial serait-ce une naïveté pour la Russie ?; L'illustration sur le bien-fondé du refus russe ?; Le retour à l'espace naturel pour la Russie, et la perception occidentale des faits; enfin, la conclusion.

3.1 L'HARMONISATION DU VILLAGE MONDIAL: UN ENJEU OU UNE NECESSITE ?

Cette question a toujours été au cœur des grands débats internationaux. Frédéric Ramel en a fait une illustration parfaite lorsqu'il parle de « *l'attraction mondiale* » avec les différents auteurs sur la question¹. Si au départ, l'intéressement aux questions du monde était un passe-temps pour les USA (Doctrin *Monroe*), aujourd'hui, peu-importe la tendance tenant du pouvoir aux USA, cet intéressement est donc, une grande variable pour se prétendre maître du monde (si l'on se réfère à la stratégie Américaine du théoricien de l'hégémonie naval A. T. MAHAN)².

La même conquête a inspiré le voisin immédiat d'en face Russe en termes d'ambitions suprématistes. Si au départ, la revendication d'appartenir au concert des Nations par l'Europe (en ventant le mérite de Saint Pétersbourg) et le rassemblement des peuples Slaves était un but pour la Russie, aujourd'hui, être membre à part entière de l'Europe ne suffit plus pour calmer l'appétit insatiable de puissance du royaume orthodoxe (Russie).

De cette confrontation des politiques étrangères, naquit la question de savoir si harmoniser le système international avec ses couleurs était un enjeu ou une nécessité de la part des puissances concurrentes. La première réponse à fournir à ce sujet, est que la création des Nations-Unies a été une volonté des Etats du village mondial de codifier ou uniformiser un monde sur certaines valeurs ou couleurs. La signature de la charte de cette dernière, en est une preuve tangible des valeurs que les Etats se sont engagés à respecter. Comme conséquence, l'ONU (à travers le Conseil de Sécurité), au nom du Choc géopolitique, est devenue le premier terrain immatériel des confrontations géopolitiques des puissances; voire un lieu spectaculaire des contradictions des politiques étrangères des puissances.

A ce sujet, DAG HAMMARSKJOLD, (alors deuxième Secrétaire Général des Nations-Unies, 1953-1961), présentant son rapport sur l'état de l'institution, évoqua le Concept de « *Diplomatie Préventive* », tout en signifiant, qu'il était difficile aux

¹ FREDERIC RAMEL, *l'attraction mondiale*, Editions Sciences Po, Paris, 2012, p. 17.

² MWAYILA TSHIYEMBE, *Notes de cours de géopolitique*, Première Licence, Relations internationales, Université de Lubumbashi(R.D.C), 2014-2015.

Nations-Unies de jouer un rôle très important dans les domaines qui sont clairement dans le conflit entre les grandes puissances »³.

De tout ce qui précède, nous pouvons en déduire que, l'harmonisation du système international est une nécessité et un enjeu. Alors, une question se pose avec beaucoup de pertinence pour savoir, codifier le village mondial est bien beau; mais qui peut donc, lui imprégner une coloration du moment où, chaque Etat voudrait y mettre sa touche suprématiste finale.

Ainsi, de la géopolitique américaine, en passant par la géopolitique implicite Russe, jusqu'à la géopolitique du monde Arabe, sans oublier la politique étrangère chinoise; le village mondial est déchiré de parts et d'autres par les visions du monde opposées citées ci-haut. Si par la politique étrangère, un Etat peut se mirer comme dans un miroir, il peut donc se permettre de voir les autres Etats selon ses microscopes politiques, et se faire sa propre lecture des faits; et au finish, se doter d'un code de conduite lorsqu'il sera dans le concert des Nations face aux autres puissances. (L'exemple typique du livre blanc chinois des nouvelles routes de la soie énoncé par XIJING PING). Dans cette perspective, nous ne pouvons que nous abstenir à condamner telle ou telle autre ligne de conduite d'un Etat X face au reste du monde; parce que, seul l'intérêt national restera le leitmotiv de conduite de toute politique étrangère.

En définitive, l'unité politique du monde peut se réaliser à un moment donné de l'existence des Etats, toutefois, cette unité sera toujours temporaire, tant que les intérêts et cultures cosmiques diffèrent. A ce propos, l'on peut s'imaginer une cohabitation culturelle, mais cette dernière ne sera toujours pas éternelle, à en croire ARENDT HANNAH lorsqu'elle parle de « *l'unité fragile* »⁴. Le tout dépend des régimes en place et du moment donné de l'histoire des Etats. (*L'exemple de la Guerre Russie-Ukraine en est une parfaite illustration. Puisque la Russie se voit donc obligée au nom de sa politique étrangère, faire la Guerre Ukrainienne, au motif que ce Pays est une porte de menace par son adhésion à l'OTAN*).

Toutefois, si on la prenait aux mots lorsqu'elle emprunte les propos de JASPERS: « Tous les problèmes prennent des dimensions de plus en plus internationales (quand quelqu'un tousse au pôle Sud, un habitant du pôle Nord attrape aussitôt un rhume, et c'est pourquoi les chefs internationaux sont de plus en plus désemparés. Ils ne sont pas porteurs les plus déterminants de l'ordre mondial⁵. Il y aura toujours une division du monde car la pluralité est à la fois; un fait, une loi et une condition de l'action. Il en va de même avec les Pays actuellement qualifiés des « *Paradis fiscaux* », « *Etat voyou* », « *Etat terroriste* », « *Etat dictatorial* » à tort ou à raison. N'oublions pas que la position géographique d'un Etat, ainsi que, ses ressources jouent un très grand rôle de son élaboration de politique étrangère; sans oublier l'intérêt national. Un fait illicite dans un Etat X peut être licite dans un Etat Y. (*L'exemple d'un entraînement balistique militaire dont un missile échappe au contrôle; et cause des dégâts énormes dans un Etat voisin*).

Comment décourager un Etat dépourvu des ressources, de surcroît une île isolée dans le Pacifique, à ne plus être un paradis fiscal pour certains détournateurs des deniers publics de leurs Pays ? Dont la survie ne dépend que de cette activité ? Comment convaincre un Etat à abandonner sa politique de puissance au détriment de la sienne ? Comment convaincre aux Etats de la Ligue-Arabe sur le bien-fondé de l'homosexualité, des personnes LGBT ou des mariages gays ?

Certes, l'harmonisation du système international est une nécessité puisque nous ne sommes pas dans une jungle; bien que cela semble être le cas dans la pratique. Toutefois, c'est un enjeu pour certains Etats; on ne peut pas prétendre diriger le monde si seulement on n'a pas tout le monde ou la majorité à sa guise. C'est pourquoi, ils tiennent coûte que coûte à imprégner au monde une couleur propre à leur image (*démocratisation, Islamisation, laïcisation, respect de droit de l'homme, voire l'imposition de sa langue*). Et plusieurs régimes sont tombés suite à ce phénomène, en Europe, Asie, Afrique, voire en Amérique.

Du moins les coutumes respectives des Etats restent la plus grande variable dans la conduite des politiques étrangères de chacun. A ce propos, J. GAUDEMET, résume ce qui suit: La coutume⁶ occupe une place essentielle dans l'histoire du droit occidental⁷.

³ DAG HAMMARSKJOLD, (deuxième secrétaire général des Nations-Unies, 1953-1961), rapport sur l'état de l'institution ONU, de 1959, Pendant le contexte de la guerre-froide entre l'Est et l'Ouest.

⁴ ARENDT HANNAH, *Qu'est-ce que la politique ?*, Edition du Seuil, Paris, 1995, p.113.

⁵ Idem.

⁶ La « Coutume », désignée par une expression vague : « *Mos maioru* » qui est la façon d'être des ancêtres elle est ensuite évoquée par le terme technique de « *Consuetudo* », elle a joué un rôle dans le droit privé Romain, mais aussi dans les provinces soumises à Rome.

⁷ J. GAUDEMET, *Les naissances du droit*, Montchretien, Paris, 3ème Edition, 2001.

3.2 L'ACCEPTATION DE L'ORDRE MONDIAL SERAIT-CE UNE NAÏVETE POUR LA RUSSIE ?

Avant tout propos, il conviendrait que l'on se mette d'accord sur la perception Russe du monde pour bien comprendre cette dernière dans ses prises de position. Sur ce, il faudrait faire cette lecture dans l'angle géopolitique et de politique étrangère.

3.2.1 ASPECT GEOPOLITIQUE Russe

Géopolitiquement parlant, c'est avec la règne de Pierre le Grand (1689-1725); alors que la civilisation européenne faisait ses preuves tout en se vantant le mérite d'être la plus civilisée de toutes. Les Russes manifestèrent la ferme volonté d'appartenir aussi à une nation civilisée (l'Europe); c'est ainsi que se développa l'idée selon laquelle; l'Europe s'arrête aux monts Ural et que l'Asie commence après. Mais, cette revendication soulevait déjà le premier dilemme qui fait que la Russie se retrouve d'une part, en Europe, et d'autres parts, en Asie. De cette occidentalisation et Asiatisme, se dégage le constat d'une Russie partagé au risque de figurer nulle part.

Si d'un côté les occidentalistes héritiers de la nouvelle pensée de Gorbatchev étaient décidés à intégrer la Russie au Marché mondial, et de l'autre côté, les partisans de la spécificité de la civilisation russe, qui est une communauté des peuples cimentée par l'Eurasisme. Personnellement, nous estimons que la géopolitique russe est passée par plusieurs débats à l'interne, dont certains estimaient que la Russie devrait reconnaître sa composition Slave et en prendre bien soin contre tout mélange des races. De l'autre côté, certains estiment que la Russe devrait reconnaître son appartenance à l'Europe, et gagner en civilisation⁸.

En définitive, sur le plan géopolitique, la Russie se constitue en une puissance eurasiatique avec sa Communauté des Etats Indépendants (C.E.I) et y exerce son influence. L'on estime qu'on serait devant ce que Adam Smith appelle la « *théorie des sentiments moraux ou la perfection de la nature* », selon laquelle, *le produit du sol fait vivre presque tous les hommes qu'il est susceptible de faire vivre, les riches choisissent dans cette quantité produite, ce qui est le plus précieux et le plus agréable. Ils sont conduits par une main invisible à accomplir presque la même distribution des nécessités de la vie que celle qui aurait eu lieu si la terre avait été divisée en portions égales entre tous ses habitants, et ainsi, sans le savoir, ils servent les intérêts de la société et donnent des moyens à la multiplication de l'espèce*⁹.

3.2.2 ASPECT DE POLITIQUE ÉTRANGERE Russe

Nous avons certes, beaucoup à illustrer sur ce sujet, toutefois, les grandes lignes de revirements des situations de la politique étrangère Russe nous intéresse. Tout d'abord du temps de l'URSS, le pays est envahi par la République fédérale d'Allemagne d'Hitler un certain 22 Juin 1941; et la grande partie des pays URSS tombe entre les mains de l'envahisseur. L'URSS n'avait pas d'autre choix que de se rallier à la démocratie aux cotés de Churchill contre le Faschisme et Nazisme. Une occasion d'ouverture à l'international pour l'URSS affaiblie. Bref; aujourd'hui au 21^{ème} siècle, les principes de politique étrangère Russe nous prouvent à suffisance le dilemme qu'a la Russie de se conformer au monde occidentale et de la sauvegarde des terres historiques, au risque et péril d'être désapprouvée par ses paires occidentaux.

Si les politiques étrangères des autres dirigeants de l'ex-URSS, semblent être inacceptables dans la logique de Vladimir POUTINE, que pouvons-nous retenir comme substance actuelle de cette politique justifiant le comportement de la Russie moderne post-soviétique ? Ces principes nous sont détaillés par MWAYILA TSHIYEMBE

- **Le rejet de l'idée d'un monde unipolaire des USA:** Actuellement au regard de la puissance militaire que représente la Russie dans le Monde, et les différents défilés militaires de démonstration des forces; il est donc inacceptable pour la Russie de POUTINE d'admettre la suprématie des USA dans le monde. Cette confiance fait crier les militaires russes à l'unisson: « HOURA, HOURA, HOURA¹⁰ ». Seule l'ONU devrait jouer le rôle du levier pour ainsi admettre

⁸ A ce niveau PIERRE TCHAAADAIEV, fervent catholique converti estima que la Russe accuse un retard suite à son isolement au régime autocratique, et la religion orthodoxe. Il alla plus loin pour affirmer que « la Russie n'a ni passé, ni présent, ni futur ».

⁹ JEAN-DANIEL BOYER, *Comprendre Adam Smith*, Armand Collin, Paris, 2011, p. 14.

¹⁰ Ce mot vient du Slave du 19^{ème} siècle : HU-RAJ qu'on traduit par : Au paradis ; puisque les guerriers de l'armée russe l'utilisaient, en espérant que par leur bravoure au combat, ils atteignaient le Paradis, chez les cosaques, il symbolise le courage face à l'ennemi. Il est utilisé couramment en Russie, et chaque 09 Mai de l'année c'est la fête de la victoire, pour commémorer la fin de la deuxième guerre mondiale ; et c'est dans des telles occasions que le mot HOURA fait rage dans les rangs des troupes russes.

cette unipolarité. Mais les différentes contradictions d'appréhensions au Conseil de Sécurité nous mettent face d'une autre réalité. Ce point est la clé même de compréhension de notre thématique

- **Développement des liens bi et multilatéraux avec les Pays de la CEI:** Par ce partenariat, datant de Décembre 1991, la Russie espère revivre le fantasme des années de gloire de l'Union soviétique d'antan¹¹. Par ce dynamisme, l'on peut se poser mille et une questions sur ce qui se passe en UKRAINE membre à part entière du mécanisme. Comparativement avec ce que font les européens en Afrique, l'on peut s'il faut établir un parallélisme, il s'agit des relations d'une posture des métropoles européennes, résultant d'une occupation militaire, de commerce des esclaves, de crimes colonialistes, de pillages ou d'extorsion de surplus, de croissance et de développement nourris par l'exploitation du continent africain¹². La Russie aussi se réserve le droit d'avoir une politique avec ses anciennes parties intégrantes
- **Développement d'un partenariat avec l'Union européenne:** Au moment même, où nous analysons, ce partenariat semble être vidé de sa substance, dans la mesure où, tous les pays Européens semblent condamner Moscou dans la question Ukrainienne. Les européens réfléchissent sur le comment vivre sans le Gaz russe. La suite nous dira plus
- Ainsi que, **Le retour de la Russie dans son espace naturel**¹³: L'on peut au premier entendement se dire qu'il s'agit des Terres que devrait naturellement occuper la Russie; toutefois, il s'agit d'une reconstitution des vestiges historiques de l'ex-URSS. La guerre Ukrainienne entre aussi dans cette logique du retour à l'espace naturel

Cette politique, classerait automatiquement la Russie dans la catégorie d'Etats belliqueux ne pouvant survivre que par la conduite de la guerre. Néanmoins, l'objectif de cet article n'est pas la promotion de la culture de la guerre. Cette étude explique de manière simple la conduite de la politique étrangère russe parmi tant d'autres dans le système international.

Ace propos, ROLAND SEROUSSI, abordant les questions de bouleversements environnementaux, il estime qu'il y a nécessité et urgence d'intégrer une forme d'équité sociale et de prudence écologique au modèle de développement économique dominant, au regard des immenses bouleversements et troubles des équilibres naturels, seule la solidarité planétaire apparaît en ces domaines comme l'unique réponse aux maux dont souffre la Terre¹⁴.

3.3 LE BIEN-FONDE D'UN ORDRE MONDIAL CONTESTE ET DU REFUS RUSSE

Soulignons tout d'abord avec LAURENT DELCOURT qu'il s'agit, Au-delà des dossiers stratégiques en jeu, c'est bien la façon dont la Russie évalue son environnement international, l'évolution de ses perceptions et de ses priorités en matière de sécurité et de diplomatie, et le caractère pérenne de ce cadre de politique étrangère qui doivent être analysés¹⁵. Et la vision de la politique étrangère russe qui prévaut en Occident celle d'un « *retour de la Russie sur la scène internationale* », celle d'une « *coloration impérialiste* », bref un retour au Soviétisme estime LAURE MANDEVILLE¹⁶

Il est bien évident que chaque Etat dans le monde ait une quelconque vision quelque fois, différente des autres, il en va de son image et de sa perception des faits internationaux. Les tentatives ultérieures et actuelles d'avoir un monde codifié et unifié autour des valeurs communes semble ne pas donner des résultats. Cette étude s'inscrit dans l'optique de mettre au clair qu'on peut jamais avoir un système international unique en termes des couleurs.

¹¹ Lire également le Traité de Tachkent, signé en Mai 1992 par les 12 Pays de la CEI, en termes de sécurité collective. L'UKRAINE serait-elle en contradiction avec ses engagements historiques envers Moscou ?

¹² MICHEL ROGALSKI, « Afrique et Europe : néocolonialisme ou partenariat ? », Allocution lors du colloque de la Fondation Gabriel Péri du 24 au 26 Janvier 2008, p.43.

¹³ MWAYILA TSHIYEMEBE, *Politique étrangère des grandes puissances*, Harmattan, Paris, 2010, p.p. 177-181.

¹⁴ ROLAND SEROUSSI, *Droit international de l'environnement*, Edition Dunod, Paris, 2012, P. 66.

¹⁵ LAURENT DELCOURT, « Un nouvel aplomb sur la scène internationale ? Comment la Russie voit-elle le monde ? Éléments d'analyse d'une politique étrangère en mutation », *Dans Revue internationale et stratégique*, n°68, Avril, 200. En ligne sur : <https://www.cairn.info/revue-internationale-et-strategique-2007-4-page-133.htm/> Consulté le 01 Mars 2023, à 10 Heures 52 minutes.

¹⁶ LAURE MANDEVILLE, « Le grand retour du soviétisme », *Politique internationale*, n° 106, hiver 2004-2005

A titre illustratif, le monde compte une diversité linguistique¹⁷ et chaque langue parlée, est un problème particulier qui se pose sur la scène internationale. Ainsi donc, nous nous sommes imposé cette mission de mettre au clair la vision globale du système Poutinien parmi tant d'autres dans le monde. Il est vrai du moins pour ce qui est de l'admissible, chaque Etat dans le monde a une certaine vision des choses, et sa perception des choses. Nous illustrons cela dans un Tableau pour enrichir notre argumentaire.

Tableau 1. Tableau illustrant les différentes visions du monde¹⁸

N°	PAYS/ ZONE GEOGRAPHIQUE	VISION DU MONDE
01.	Les Etats-Unis d'Amérique	Au nom de la <i>Destinée manifeste</i> les USA peuvent se prévaloir d'avoir une mission divine de civiliser le reste du monde afin de le démocratiser, lutter contre le Terrorisme jusqu'en Haute-Mer;
02.	La France	Au nom du <i>messianisme Droit de l'homme</i> la France se dote pour mission de défendre la démocratie partout dans le monde, et défendre le droit de l'homme.
03.	La Chine	La Chine est le <i>Centre du Monde</i> « <i>Zhong guo</i> », et que le reste du monde serait des vaisseaux vassalisés et non vassalisés. Elle est un empire commerçant.
04.	Monde Arabe / Pays de la ligue-Arabe	Dans la géopolitique du monde Arabe, l'islamisation dans des terres des mécréants est une fin, pas des mariages homosexuels, et le port du voile chez les femmes, est une nécessité.
05.	L'Afrique/ Pays de l'Union Africaine	Dans la géopolitique Africaine, la croyance d'appartenir dans un monde des règles injustes dont l'Afrique serait une victime, reste une conviction, et l'Afrique est dépouillée et vidée des substances par les ex-métropoles cachés dans le néo-colonialisme. La Chine se place aussi dans cette position d'avoir une histoire commune avec les Africains. (voire les deux guerres de l'opium)
06.	Les Îles océaniques, pacifiques, voire Atlantiques	Dans la vision de politique étrangère des Îles isolées, une île dans le pacifique, Océanie, voire Atlantique, dépourvue des moyens financiers, il est donc normal qu'une île se transforme en paradis fiscal pour s'assurer une survie. Ce qui pose encore des sérieux problèmes dans le monde avec le financement du Terrorisme; et le détournement des deniers publics. Les financements d'activités criminels.
07.	Les Pays du bassin du Congo et Israël	• Dans la conception les pays du bassin du Congo, il est opportun pour eux, de tirer des dividendes sur la taxe carbone de leurs forêts conservées. • Dans la conception Israélienne, l'occupation de la Palestine par motif qu'elle est une terre promise, c'est normal.

Nous avons pour des raisons de clarté, choisi certains pays ou puissances et certaines Zones géographique du monde, pour nous faire une lecture globale du monde, en passant par les différentes visions illustrées de manière lapidaire.

- Si au nom de la *Destinée manifeste* les USA peuvent se prévaloir de civiliser le reste du monde afin de le démocratiser, lutter contre le Terrorisme jusqu'en Haute-Mer; qui peut réprimander cela ?
- Si au nom du *messianisme Droit de l'homme* la France se dote pur mission de défendre la démocratie partout dans le monde, qui peut réprimander, cela et interdire la France-Afrique ?

¹⁷ Le site Ethnologue, spécialiste de l'intelligence linguistique, a étudié la répartition des langues dans le monde⁽¹⁾. Sur les 7 099 langues comptabilisées dans leur étude : 2 294 seraient parlées en Asie (32 %) ; 2 144 sur le continent africain (30 %) ; 1 313 en Océanie (18,5 %) ; 1 061 en Amérique du nord et du sud (15 %) ; et « seulement » 287 langues seraient parlées en Europe (4 %). Il est intéressant de noter que l'Océanie compte plus de 1 000 langues à elle seule, mais celles-ci ne sont parlées que par très peu de locuteurs. Dans les faits, 84 % de la population mondiale utilise une langue d'origine asiatique ou européenne. En rapport avec les usages linguistiques, consultez : <https://1to1progress.fr/blog/2021/04/30/combien-de-langues-dans-le-monde/#:~:text=Environ%207%20000%20langues%20%3A%20un,en%20aurait%20environ%207%20000/> consulté le 01 Mars 2023, à 11 Heures 12 minutes.

¹⁸ Ce tableau est notre conception

- Si la Chine au nom du **centrisme chinois**, la Chine se considère comme centre du Monde « Zhong guo » et que le reste du monde serait des vaisseaux vassalisés et non vassalisés, qui peut réprimander la Chine d'être un empire commercial tout en lui interdisant de faire du commerce avec le reste du monde ?
- Si dans la **géopolitique du monde Arabe**, l'islamisation et la guerre dans des terres des mécréants est une fin, qui peut réprimander cela en y imposant des mariages homosexuels, et la négligence du port des voiles chez les femmes ?
- Si dans la **géopolitique Africaine**, la croyance d'appartenir dans un monde injuste dont l'Afrique serait une victime, qui peut réprimander cette conviction, ans une Afrique dépouillée et vider des substances ?
- Si dans leur **conception les pays du bassin du Congo et tropicaux**, pensent qu'ils peuvent tirer des bénéfices sur la taxe carbone, qui peut leur interdire de réfléchir de la sorte ?
- Si Israël dans sa conception **d'occupation de la Terre promise**, reste convaincu qu'il doit occuper sa Terre divinement promise, qui peut lui interdire d'avoir cette conception de fait, pour sauver la Palestine ?
- Si dans leurs **visions de politique étrangère des Îles**, une Île dans le pacifique dépourvue des moyens financiers, se transforme en paradis fiscal pour s'assurer une survie, qui peut réprimander cela ?
- Si le Japon au nom d'être **le Pays du soleil levant**, pense être éclairé par le soleil avant le reste du monde, qui peut interdire aux Japonais d'énoncer cette hypothèse de soi ?

Aujourd'hui, le village mondial est devenu, en quelque sorte une jungle, au sein, du quel, chacun pense à sa manière ce que sont les autres, pourquoi pas ce qu'il est lui-même. De ce fait, la Russie a aussi droit de se promouvoir d'une politique étrangère made in Russian à l'image du guide Poutine. Le réalisme implique dans l'un de ses postulats, la confrontation des forces. En d'autres termes, la *capacité de faire, de faire faire, ainsi que, d'interdire de faire*. Si la Russie se classe dans cette hypothèse, c'est dans ces prérogatives en tant qu'Etat souverain dans le concert des nations.

Nous sommes d'avis, au nom de la Chartes des Nations-Unies, que les Etats sont appelés à coopérer et ne pas se faire la guerre; et pourtant, la guerre dans sa conception classique, a presque changé des formes. Dans la mesure où, nous sommes face à des nouvelles réalités de la guerre, telles que: *La guerre commerciale, la guerre de l'information, la guerre technologique, la guerre idéologique*; bref, des guerres implicites dont les Etats se livrent du jour aux jours. Si aujourd'hui, la Chine se livre à l'espionnage avec la technique des ballons géants volants, que dire de la conquêtes des marchés mondiaux, en ce qui concerne le commerce international ? La Russie a toujours voulue saisir cette opportunité de sauver le reste de l'Union soviétique, et redorer son image d'antan.

Tout comme, il est difficile pour la France de se débarrasser de la France-Afrique, ou des régions d'Outre-Mer ou Ultramarins¹⁹. Que dire de la Grande-Bretagne et l'Espagne qui se disputent le *Détroit du Gibraltar* ? A en croire GUILLAUME LE BOEDEC, cette région serait née d'une déchirure terrestre que les mythes ont magnifiée, le détroit de Gibraltar a conservé à travers les siècles un statut de point nodal dans la géostratégie et la géopolitique mondiale. Porte océane entre Atlantique et Méditerranée, mais aussi porte transversale entre l'Afrique et l'Europe, le détroit capte et polarise les flux transméditerranéens. Avec seulement 13 kilomètres qui séparent les deux continents, il est le point de passage le plus étroit de la Méditerranée, mais aussi l'une des frontières les plus inégalitaires au monde.²⁰ Sa conquête par les deux Pays vaut donc, son pesant d'Or.

Actuellement, les Etats sont dans la conquête des espace géographiques stratégiques, les agendas bien que cachés pour certains, les actions posées, disent plus. Cependant, les autres se sont tournés dans la pratique des *Paradis fiscaux*²¹.

¹⁹ Selon l'article 73 de la Constitution de la Cinquième République Française, « les départements et régions d'outre-mer », sont des collectivités territoriales françaises soumises au régime juridique d'assimilation législative. Ces collectivités sont à la fois des départements et des régions d'outre-mer. Les régions concernées sont : la Guadeloupe, la Guyane, la Martinique, Mayotte et La Réunion.

²⁰ GUILLAUME LE BOEDEC, « Le détroit de Gibraltar », *Dans EchoGéo*, du 22 février 2008, en ligne sur : <https://journals.openedition.org/echogeo/1488/> consulté le 03 Mars 2023, à 19 Heures 12 minutes.

²¹ La notion de « *Paradis fiscaux* » est très complexe par manque de définition consensuelle. C'est d'abord un terme économique apparu en début du 20^{ème} siècle pour désigner un Territoire ayant une fiscalité très basse ou modérée comparé aux niveaux d'imposition d'un autre territoire ; parfois dont la législation manque de transparence ou empêche l'échange d'informations fiscales avec les autres Etats. (voir le

Ce qui est devenue un problème majeur du système international, au regard de la multiplicité de leurs actions néfastes. De manière lapidaire les paradis fiscaux sont des pays ou un territoire qui attire capitaux et entreprises en pratiquant le secret bancaire, une fiscalité très faible et la rétention d'informations sur les sociétés qui se trouvent sous sa juridiction »²². Ce qui voudrait tout simplement signifier, que tout Pays peut à un certain moment de son existence devenir un Paradis fiscal pour certains opérateurs économiques. Cette notion est subjective, elle dépend de l'appréciation de chaque acteur impliqué.

3.3.1 LE RETOUR A L'ESPACE NATUREL POUR LA RUSSIE, ET LA PERCEPTION OCCIDENTALE DES FAITS

Comme mentionné précédemment dans les principes de politique étrangère Russe, la problématique du retour à l'espace naturel, est restée pendante, d'autant puisqu'elle est dans la tête du guide Russe Vladimir Poutine qui ne jure que par ce retour. Avant de montrer cette nécessité Russe de vouloir tout fédérer nous avons préféré illustrer l'ancienne carte de l'Union Soviétique et de faire une analyse qui vaut la peine.



Fig. 1. La Carte illustrative de l'Union Soviétique unifiée

Source: Carte de l'Union Soviétique en ligne sur: <https://www.alamyimages.fr/1991-carte-de-la-republique-de-l-union-sovietique-image454762597.html?imageid=7EF5133C-776C-45E0-8BBB-30BF3FD811E2&p=307105&pn=1&searchId=d872ac65d35b3662b94e2f9540b409a1&searchtype=0/> Consulté le 03 Mars 2023, à 19 Heures 43 minutes.

dictionnaire électronique français version 2.8, en ligne sur <https://www.wiktionary.org/> consulté le 14 Janvier 2020 à 20 heures 35 minutes.)

²²JEAN FRANÇOIS POLLET, « L'économie déboussolée, rapport sur les paradis fiscaux », in *CCFD-Terre solidaire*, du juillet & août 2013, p. 31.

Le retour à l'espace naturel dont fait allusion l'actuel président Russe a été instituée, par l'un des moteurs de la création de l'URSS fut la volonté de Vladimir Ilitch dit Lénine (1870-1924) d'appliquer sa doctrine fédéraliste en transformant la Russie unitaire en une union de républiques formées selon le principe des territoires ethniques jouissant d'un certain degré d'autonomie culturelle locale, le tout basé sur un régime de dictature du prolétaire, au sens Marxiste.

Les anciens pays membres de l'Union soviétique faisaient encore la pluie et le beau temps de la Russie (notamment: l'Arménie, Azerbaïdjan, Biélorussie, Estonie, Géorgie, Kazakhstan, Kirghizistan, Lettonie, Lituanie, Moldavie, Tadjikistan, Turkménistan, Ouzbékistan, ainsi que, l'Ukraine aujourd'hui meurtrie par la guerre). Actuellement, la Russie a tout perdu de cette image d'antan. A ce propos, Vladimir Poutine, pense revenir aux vestiges de son homonyme Vladimir Ilitch Lénine reconstruire les vestiges d'une civilisation effacée de la carte du monde.

Il est vrai que, les méthodes de ce retour posent un sérieux problème de la part des partenaires occidentaux; surtout dans la question Ukrainienne et de l'annexion de la Crimée. Il est aussi approuvé que, nous sommes face à une géopolitique totalement différente des autres, laquelle est basée sur la conquête territoriale, que beaucoup ne semblent pas avouer de manière explicite. Alors que la réalité nous enseigne que tous, militent pour une conquête spatiale terrestre et aérospatiale. Telle est notre conviction. Cet acharnement à retrouver la gloire historique de la Russie, se résume dans ce que les Russes qualifient du *retour à l'espace naturel*.

Une seule inquiète selon laquelle, la chute de l'Union Soviétique a été la pire catastrophe géopolitique du 21^{ème} siècle. Quinze (15) territoires qui volent en éclat pour se transformés en Républiques indépendantes, ce qui a enrichi le vocabulaire français du mot « balkanisation », pour signifier un éclatement des Pays du Balkans en plusieurs morceaux. Cette conquête a imprimé une certaine réalité dans la majorité des Pays, que ce soit en Europe dont certains sont pro-Russe (Serbie), et bénéficient dans la mesure du possible le soutien de Moscou.

Nous pouvons tous être d'un commun accord que, la question de Moscou est devenue un véritable sujet de campagne électorale dans presque tous les Pays frontaliers, certains candidats aux élections présidentielles n'hésitent pas d'évoquer les liens qu'ils maintiendraient avec Moscou, une fois élus président de la République. Au finish, la perception occidentale est telle que Moscou hormis, le fait qu'elle est une puissance concurrente, mais reste un élément déséquilibrant de l'harmonie du système international. Le Veto russe et Chinois au Conseil de Sécurité des Nations-Unies, a vraiment laissé certaines questions internationales sans suite. Bref, les rencontres se multiplient, les problèmes s'accumulent, et les réponses ne sont pas adéquates; même sur des questions urgences concernant l'environnement.

4 CONCLUSION

Les tournants de la nouvelle géopolitique mondiale renseignent qu'au 21^{ème} siècle, les besoins en technologies de pointe est pressant. Cette dynamique a imprimé une certaine méthode de survie dans le chef des Etats du globe. Certains se sont lancés dans une quête sans merci des nouveaux territoires riches en ressources naturelles utiles aux nouvelles technologies; et d'autres maintiennent le contrôle sur leurs anciens territoires acquis pendant une certaine période de l'histoire. C'est dans cette perspective que la Russie a dans ses prérogatives lancé une vaste campagne à l'international, en ce qui concerne le retour à son espace naturel, en commençant par la Crimée. Une contestation d'un système qu'elle estime imprégner de la touche russe (la Soviétisation).

Cette dynamique a engendré ce que nous avons qualifié de « *confrontations géopolitiques* », s'effectuant dans un contexte d'un ordre mondial contesté. Samuel HANTHINGTON avait prédit le choc des civilisations, nous estimons qu'il y a actuellement « *choc géopolitique* » des puissances, grandes et moyennes. Par choc géopolitique, nous faisons allusion aux différentes géopolitiques (explicites et implicites des Etats), chacune d'elles élaborée selon l'agenda caché de chaque Etat. De la même manière que l'on ne peut interdire aux USA de combattre le Terrorisme jusqu'aux eaux internationales, et que l'on ne peut interdire à la Chine de se considérer comme le Centre du monde, la Russie s'estime aussi comme ayant droit à une géopolitique soviétique selon le guide Poutine. Sur ce point, nous estimons que les Etats ne se mettent pas d'accord; s'il faut laisser court aux autres et perdre des points à l'international.

En définitive, la Russie a adopté plusieurs stratégies: en Afrique elle influence sur les questions sécuritaires, avec le groupe Paramilitaire VAGNER, considéré comme une milice au service des Etats indépendants. Dans sa politique avec les Pays frontaliers, Moscou serait impliqué dans plusieurs scrutins électoraux pour la victoire des candidats pro-russes. Toutefois, la grande cartouche séduisante envers les occidentaux, est que la Russie lutte aussi contre le terrorisme international.

REFERENCES

- [1] ARENDT HANNAH, *Qu'est-ce que la politique ?*, Edition du Seuil, Paris, 1995.
- [2] FREDERIC RAMEL, *l'attraction mondiale*, Editions Sciences Po, Paris, 2012.
- [3] J. GAUDEMET, *Les naissances du droit*, Montchretien, Paris, 3eme Edition, 2001.
- [4] JEAN-DANIEL BOYER, *Comprendre Adam Smith*, Armand Collin, Paris, 2011.
- [5] MWAYILA TSHIYEMEBE, *Politique étrangère des grandes puissances*, Harmattan, Paris, 2010.
- [6] ROLAND SEROUSSI, *Droit international de l'environnement*, Edition Dunod, Paris, 2012.
- [7] GUILLAUME LE BOEDEC, « Le détroit de Gibraltar », *Dans EchoGéo*, du 22 février 2008, en ligne sur: <https://journals.openedition.org/echogeo/1488/> consulté le 03 Mars 2023, à 19 Heures 12 minutes.
- [8] JEAN FRANÇOIS POLLET, « L'économie déboussolée, rapport sur les paradis fiscaux », *in CCFD-Terre solidaire*, du juillet & août 2013.
- [9] LAURENT DELCOURT « Un nouvel aplomb sur la scène internationale ? Comment la Russie voit-elle le monde ? Éléments d'analyse d'une politique étrangère en mutation », *Dans Revue internationale et stratégique*, n°68, Avril, 200. En ligne sur: <https://www.cairn.info/revue-internationale-et-strategique-2007-4-page-133.htm/> Consulté le 01 Mars 2023, à 10 Heures 52 minutes.
- [10] LAURE MANDEVILLE, « Le grand retour du soviétisme », *Politique internationale*, n° 106, hiver 2004-2005.
- [11] Constitution de la Cinquième République Française Article 73.
- [12] DAG HAMMARSKJOLD, (deuxième secrétaire général des Nations-Unies, 1953-1961), rapport sur l'état de l'institution ONU, de 1959, Pendant le contexte de la guerre-froide entre l'Est et l'Ouest.
- [13] Traité de Tachkent, signé en Mai 1992 par les 12 Pays de la CEI, en termes de sécurité collective.
- [14] MICHEL ROGALSKI, « Afrique et Europe: néocolonialisme ou partenariat ? », Allocution lors du colloque de la Fondation Gabriel Péri du 24 au 26 Janvier 2008, p.43.
- [15] Propos de PIERRE TCHAADAEV, fervent catholique converti estima que la Russe accuse un retard suite à son isolement au régime autocratique, et la religion orthodoxe. Il alla plus loin pour affirmer que « la Russie n'a ni passé, ni présent, ni futur ».
- [16] MWAYILA TSHIYEMBE, *Notes de cours de géopolitique*, Première Licence, Relations internationales, Université de Lubumbashi (R.D.C), 2014-2015.

Challenges Facing the Teaching of English in Bunia Primary Schools in the Democratic Republic of the Congo

Malobi Pato Emmanuel

Chef de Travaux, Institut Supérieur Pédagogique de Bunia, Province de l'Ituri, RD Congo

Copyright © 2023 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 pinpoint the challenges facing English Language Teaching in Primary Schools of Bunia town. The research relayed on descriptive and exploratory designs. Data were collected through survey method where questionnaire served as technique. Indeed, both closed and open questions were addressed to 50 teachers selected randomly among a population of 55 primary school teachers. Data were coded and analyzed using the Descriptive Statistics such as frequencies and percentages with the help of statistical package for social sciences (SPSS). Then, they were presented using frequency tables. Findings supported that the younger the better. Young children are intrinsically better language learners, and become more proficient quickly. English is to be taught to children when they are still receptive. The results also showed that there is lack of English programme at primary level. Teachers of English in primary schools are not qualified. They teach without appropriate methodology.

KEYWORDS: education, teaching, learning, task, young learner.

1 INTRODUCTION

Teaching English at primary school level is a challenging task in the Democratic Republic of the Congo. The present study describes the situation and challenges in teaching English in Bunia Primary schools. It considers both benefits and constraints of introducing the English language as a compulsory subject to primary education and addresses the most serious concerns which are the lack of contents, methods and qualified teachers.

Some previous researchers have expressed their views on teaching young learners. Indeed, the primary goal of language teaching young learners should be to enable learners to communicate, using their abilities in the L2, in a variety of contexts and situations. Communicative Language Teaching is, therefore, *'an approach that aims to make communicative competence the goal of language teaching and develop procedures for the teaching of the four language skills that acknowledge the interdependence of language and communication'* [1].

Young learners will learn best if the people involved in the teaching-learning process facilitate the learning and take into account the way they learn into the teaching practices. The author [2] suggested that children developed through specific stages. Besides, the reference [3] argues that early Language Learner (LL) has attitudinal benefits, which would pave the way for intercultural understanding. Moreover, children all over the world acquire their native language without formal training and there are some theories regarding the language acquisition process. The author [4] believed that learning was innate, in the sense that every child has an innate capability to learn a language. This idea of [4] was followed by the term Critical Period Hypothesis (CPH) suggested by [5] who thought that there was a critical period, up to about the age of eleven, in which children were able to learn language. He believed that if language was introduced to children after this age (or this critical period) then it was extremely difficult for them to learn it.

For [6], children learn about their world in different ways, using their preferred learning styles. They may be characterized as visual, auditory or kinesthetic learners. A visual learner learns best if he sees what is happening and links it to its understanding. On the other hand, an auditory learner will need to hear the input, while a kinesthetic learner will learn best if the learning involves physical movement. Therefore, for good outcomes, it is important to take into account children's preferred learning styles *visual- auditory- kinesthetic* (VAK) in teaching English language to primary school pupils.

Younger Learner's classroom activities should involve games, songs, stories, puppets, role-play, and drama activities. Such classroom teaching would lead to better learning outcomes with positive attitudes, higher motivation, and understanding towards diversity in the world [7].

This study is part of a particular context. Indeed, nowadays, English is increasingly being taught at younger age in an expanding number of countries and milieus. In Democratic Republic of the Congo, there is a Ministerial order N° MINESPSP/ CABMIN/1180/2018 of 23/04/2018, allowing the introduction of the teaching of English language in primary school. This introduction of English in government primary schools arises a number of challenging issues that need to be successfully addressed if the teaching of English has to succeed.

Therefore, the article centers the following main question: How is the Teaching of English Language at primary Challenged? The subsidiary questions are the followings: Why is English Language Teaching introduced in Primary school? What to teach? Who should teach? And, How to teach?

The study aims essentially to pinpoint the challenges facing the introduction of English language teaching in Primary Schools.

The hypotheses to be verified throughout the present work are the followings: The reason for introducing the teaching of English language relays on the fact that younger children are intrinsically better language learners, and become more proficient quickly. So, English is to be taught when the child is still receptive. There is no language content for English in primary schools. Consequently, each teacher creates himself the materials to teach. English is taught without any appropriate methodology. Teachers of English in primary schools are not qualified.

2 RESEARCH METHODOLOGY

2.1 RESEARCH DESIGN

Descriptive and exploratory survey was used in conducting the research. Descriptive survey designs are concerned with gathering information, from people with relevant experience, on current conditions, processes, attitudes, beliefs, and opinions on the issue or phenomenon being investigated [8]. The exploratory survey dimension sought to get more in-depth understanding of the same. Informants comprised primary school teachers. Their views were considered critical and contributed a lot in the elaboration of the present scientific work.

2.2 POPULATION

The study targeted teachers as population. My investigation revealed that in Bunia, the teaching of English language is introduced in 20 primary schools and the total number of teachers of English is 55.

2.3 SAMPLE SIZE

In this study, the sample comprised 50 out of 55 teachers; which was representative. To select teachers I used simple random sampling. Indeed, each member of the population (teachers) under the study had an equal chance of being selected and the probability of a member of the population being selected was unaffected by the selection of other members of the population, i.e each selection was entirely independent of the next. The method involved selecting at random from a list of the population the required number of subjects for the sample. This was done by using a table of random numbers set out in matrix form.

2.4 INSTRUMENTS

Data collection relied on survey method where questionnaire was used as technique.

In the present study, questions were open and closed ended. For close ended, respondents simply provided "yes" or "no" answers, checked an item from the list given or ticked the best answer from the option given. For open ended questions, respondents responded freely using their own word.

It was the case of self- administered questions without the presence of the researcher. The absence of the researcher was helpful in the way that it enabled respondents to complete the questionnaire in private, to devote as much time as they wished to its completion, to be in familiar surroundings, and to avoid the potential threat or pressure to participate caused by the researcher's presence. And, it is more anonymous than having the researcher's presence.

The questionnaire concentrated on 'Teachers' perception on teaching English in Primary School'. It was aimed to get an overview on teachers' opinion on the introduction of English in primary school; which is currently still an attempt. The results obtained from this section were used to determine the challenges affecting the teaching of English in Bunia primary schools.

On the other hand, Statistical Package for Social Sciences (SPSS) software technique served for data analysis on the basis of Descriptive Statistics such as frequencies and percentages. Coded and analyzed data were therefore, presented in frequency tables.

There were both a closed-ended and an open-ended section in the questionnaire, resulting in both quantitative and qualitative data. Prior to the analysis, the returned questionnaires were first sorted out and organized by serial number as per category. Upon return, they were checked for their completeness after which those not completed at 50% were eliminated.

The raw data were of two types: quantitative data from the closed-ended items in the questionnaires and content analysis, and the qualitative data from the open-ended items in the questionnaires and semi-structured interview. Quantitative data were analyzed using simple descriptive statistics (means, frequencies, percentages) to show the general tendencies in the data. Frequencies and percentages were systematically applied in the analyses of single variables, and presented through tables.

To analyze the qualitative data obtained from the open-ended questions in the Teacher questionnaire, first the data were coded under themes which were pre-determined considering the research questions and the sections and/or questions in the questionnaires. The codes under each theme were identified in time from the answers provided and attention was paid to make them suitable for the predetermined themes. Later, the coded data under thematic categories were converted to frequencies and percentages. While computations were made, the missing responses were taken into account, and the results that are related to each question and obtained from each group of participants were displayed in separate tables. The tallying technique was then used to count the frequencies of their occurrences. The frequencies were converted to percentages and tabulated to facilitate rank-order transparency and reading of the data.

3 RESULTS

The data are presented in frequency tables which show the pertinence of each element in terms of frequency converted in percentage. The analysis is based on teachers' views on the teaching of English in primary school.

Table 1. The reason for introducing English

Reason	f	%
Proximity with English Speaking Countries	23	46
Getting more pupils	15	30
Develop pupils' ability in ELT	10	20
No answer	2	4
Total	50	100

Source: Primary data

The above table shows that according to 23 teachers (46%), English is introduced in primary schools because of the proximity with English speaking countries; for 15 (30%), it is the matter of getting more pupils; for 10 (20%), the reason for introducing English at this level is to develop pupils' ability in ELT; but 2 (4%) have given no answer.

Table 2. Copy of National Programme

Possession of the national programme	f	%
No	50	100

Source: Primary data

Concerning the possession of a copy of the national programme, all the teachers questioned (100%) have answered that they do not have any.

Table 3. Textbook use

Textbook	f	%
Go for English	2	4
Britain I	2	4
Sounds to Read (level 1,2,3)	1	2
I create my material	45	90
Total	50	100

Source: Primary data

As far as the textbook is concerned, the table above shows that 45 teachers (90%) do not have any; they create their material themselves; 2 (4%) use *Go for English*; 2 again (4%), *Britain I*; and 1 (2%) *Sound to Read (level 1, 2, 3.)*. It results from the present analysis that most of the teachers create their material themselves.

Table 4. Methodology

Methodological approach	f	%
Communicative Language Teaching (CLT)	5	10
Total Physical Response (TPR)	3	6
Both CLT and TPR	2	4
Traditional method	1	2
I teach without any specific method	39	78
Total	50	100

Source: Primary data

As far as the methodological approach is concerned, the above table proves that 39 teachers (78%) teach without any specific method; 5 (10%) use Communicative Language Teaching; 3 (6%) use Total Physical Response; 2 (4%) use both CLT and TPR; whereas 1 (2%) teacher still refers to traditional method. It results from the present analysis that most English teachers in Bunia primary schools do not use appropriate methods for the primary level.

Table 5. The profile of a good Teacher of English

Profile of a good Teacher	f	%
A graduate teacher	4	8
A specifically trained teacher	29	58
A generally trained teacher	17	34
Total	50	100

Source: Primary data

A seen in the above table, 29 teachers (58%) state that a good teacher of English should be specifically trained; for 17 (34%) he should be generally a trained teacher; finally, 4 teachers (8%) state that he should have a degree i.e. a graduate.

Table 6. Interest of Pupils for English

Rate of pupils' interest for English	f	%
Excellent	11	22
Good	36	72
Satisfactory	2	4
Unsatisfactory	1	2
Total	50	100

Source: Primary data

It emerges from the above table that for 36 teachers (72%) constituting the majority, the interest of pupils for English is *good*; for 11 (22%) it is *excellent*; for 2 (4%), *satisfactory*; and 1 teacher (2%) has rated the interest *unsatisfactory*.

Table 7. Didactic Materials Use

Didactic material	f	%
It depends upon the topic	13	26
The use of objects	5	10
The use of pictures	17	34
No material	15	30
Total	50	100

Source: Primary data

Considering the above table, 17 teachers (34%) use pictures as didactic materials; 15 (30%) do not use any material; for 13 (26%), the use of material depends upon the topic; finally, 5 teachers (10%) use objects.

Table 8. Difficulties faced in the Teaching of English

Difficulties	f	%
Lack of Programme	44	88
Lack of appropriate books	5	10
Lack of appropriate methods	1	2
Total	50	100

Considering the above table, 44 teachers (88%) face the problem of lack of programme; for 5 (10%) the difficulty is at the level of lack of appropriate books; for 1 teacher (2%), the difficulty is at the level of appropriate method. It results that in Bunia primary schools for the majority of the teachers, the difficulty resides in lack of programme.

Table 9. Suggestions

Suggestions	f	%
Provide teachers with national programme	36	72
Provide teachers with appropriate materials	1	2
Train Teachers	13	26
Total	50	100

Source: Primary data

Considering the above table, most of the teachers i.e 36 (72%) suggest that schools should be provided with the appropriate national programme for primary level; for 13 (26%), teachers should be supplied with appropriate materials; but for 1 (2%), teachers should be provided with appropriate material.

To sum up, the results have demonstrated that there is no language content for English in Bunia primary schools. Each teacher creates himself the materials to teach. Teachers of English in primary schools are not qualified. Some have been trained in English centers, others are undergraduate or graduate in ELT. In other schools again, the class is taught by P- school teachers (with State Diploma in Pedagogy) simply on the basis they got in secondary school. Then, English teachers should be submitted to a specific training. English is taught without any appropriate methodology. Findings finally has supported that *"The younger the better"*. Younger children are intrinsically better language learners, and become more proficient quickly. English is to be taught when the child is still receptive.

4 DISCUSSION

Introducing English as a compulsory subject in primary school brings into a number of pressing challenges to address if the expected results are to be reached. The challenges are namely, the reasons for introducing English in Primary School, the content, nature of the learner and the training of trainers i.e. who will teach English in primary school, what will be taught, at which level and how?

The widespread introduction of languages in primary school has been described by the reference [9] as 'possibly the world's biggest policy development in education' and English is nearly the language most commonly introduced. There are good reasons to this trend. The majority of my informants found as main reasons for the introduction of English, the proximity with English speaking countries, globalization and dominance of English language. But the real reason for teaching English in primary school is quite different. First, it is often assumed that it is better to begin learning languages early [10] because it falls within the limits of the Critical Period Hypothesis and Age of Onset [5] in line with the author [11] 's view that *'the earlier the better'*. Second, economic globalization has resulted in the widespread use of English as the world lingua franca and many stakeholders believe that it is essential to train an English-speaking workforce in order to compete on the global market. [12] Third, parents want their children to develop English skills in order to benefit from the new economic world order. For this purpose, pressure is often put on governments to introduce English to younger children. This advent is particularly important in contexts of massive language contact as is the case of the DRC for the future of both children and the nation. English in primary school appears to be a good opportunity to lay a solid foundation for the learning of other subjects. The spread of English as a lingua franca has given rise to the belief that learners need to acquire communication skills rather than accumulating knowledge about English as a language.

What is taught? The majority of teachers questioned stated that there does not exist any syllabus to refer to for the teaching of English at primary school level; that is why each teacher creates his/her material to teach him/herself. Hence, a need for the elaboration of a syllabus for this level. Children are willing to participate in all class activities. They are motivated and happy with different materials depending on their cognitive level. They are interested in themselves, in what is live, in 'here and now' and they learn by doing i.e. through physical activity. Then, they should be taught whatever materials to be chosen as content of a lesson, unit, term, school year programme or long range plan must be interesting, varied, attractive, encouraging, challenging, surprising and calling for activity to elicit a sense of achievement among learners. Sometimes children, particularly the younger ones, do not attach importance to the purpose of an activity even when they partake in it. There are of course activities for younger and older children. Stories, games, songs, chants, rhymes and poems, dances, arts and crafts, computers, magic, drama activities, puzzles and problem solving activities, and any other selected materials should aim at making the learning of English a motivating and pleasurable experience.

Who should teach? The literature on the teaching of English to primary school children has encountered a number of pressing challenges, one of which is that English is introduced as a subject in primary school without due consideration of who will teach it. Indeed, my informants believe that teachers of English should receive a particular training. It is in this context that I assume that Teacher Training Colleges which are entrusted with the mission of training specialist teachers in the various disciplines that form the core of secondary education, are that right place where specialized teachers should be trained. But, these Colleges have not yet considered training such teachers because nothing had been planned on their curriculum accordingly. Now that the landscape lends itself to new demands, the mission of Colleges of Education will have to change in order to compensate for the lack of courses in special didactics intended to train teachers of pre- and primary education. Such courses are expected to provide teachers with wider responsibilities than simply teach English. Teachers must possess a sound know-how expertise and a variety of language techniques, including ability to teach art and crafts, drama, games, storytelling and songs that will stay with children long after they will have left language classes. This entails familiarity with child-centered approaches, understanding of learning needs and knowledge of the psychology and nature of the learners. *"Teachers should not take it for granted that children will arrive in the classroom with a strong positive attitude to foreign language learning"*. [13] The teacher is, therefore, an important factor in the process of raising student motivation and thus encouraging language learning.

How to teach? The majority of my informants stated that teachers do not use any specific methodology and the reason is that they have not received a specific training accordingly. Besides, because children are activity-sensitive, the most appropriate teaching approaches would be Total Physical Response (TPR) for younger children and Communicative Language Teaching (CLT) and/or Task-Based Learning (TBL) for older children. It is for this reason that teachers of primary school must be well-trained to develop eclecticism as an option.

Besides, so far as the method is concerned it is relevant to refer to the eclectic approach. Indeed, the concept has emerged from the fact that none of the ELT methods known today is practiced exclusively, and that many teachers choose to combine principles and techniques from various approaches in a "carefully reasoned manner" that the reference [14] calls "principled eclecticism". The point being made here is that even though the approach does not rest on any independent view of language, it has to be informed by relevant theories of language and language learning, such as those described above. The challenge facing most teachers with this approach lies with the extent to which education and training will have equipped them to make appropriate choices for their classes from the available approaches. Other terminologies associated with the approach include *integrated approach* [10].

Knowing that children learn from the world around them, it is necessary that teachers provide conducive environment for children to learn. Teachers should also make sure that the subject is taught in a very practical, hand-on way that they can interact with actual, physical and here and now or concrete aspects, which is appropriate with their concrete operational stage [2].

Following [15] 's and [6] 's views, it is equally essential to support children learning by providing support or scaffolding. This can be done by simplifying the tasks, providing the vocabulary, giving guiding questions or phrases, and so forth.

Teachers should provide adequate support to the learners, but not excessive, because children's ability to hypothesize in the new language should not be underestimated. It is also advisable to remember that we are trying to provide opportunities for these learners to find out about and use the new language. The teaching and learning process should be connected with everyday life, and more importantly, should be fun. Children have a short attention span so teachers should be ready with a rich variety of learning activities. Language teachers also have roles as mentors – who must support and scaffold the learning, and as modelers – who must provide good examples of the language in use. As a good model, a teacher should make sure that she/he uses the correct forms of language and pronunciation, because children imitate their teachers with deadly accuracy. Providing incorrect model will lead children to fossilize the error until they are adults.

In the same way, [2] supports that very young learners create their own learning engaging with their environment and they are active in their learning process by exploring immediate settings. According to [14], children construct knowledge through social interaction. Within the Zone of Proximal Development (ZPD), children acquire knowledge through interaction with other people. Working within ZPD helps children reach their optimum capacity to solve problems with assistance. Children learn effectively through scaffolding with the help or guidance of an adult or more proficient peer. [6] It is not only the repetition of sounds they receive, instead, they develop rules and prove their assumptions to figure out for themselves. They need to involve in hands-on experiences for effective learning. As young learners have a lot of energy but minimum concentration, it is better to engage them in physical activities within concrete environment. Immediate world around them always prevails and it is their hands and eyes and ears that they use to understand this world. Furthermore, if children create their own visuals and realia, they will probably be engaged and interested in the activities and take more responsibility for the materials [16].

When to start? Most of my informants ensured that the teaching of English should occur at the first year of primary school, some proposed the third year, others the 7th year. But referring to the theory *The earlier the better*, one would support the teaching of English starts at the first year of Primary Schools. Indeed, literature on second language acquisition suggests that acquisition is possible in the 0 – 12 age range. [2]; [5]; [17]

It is the teacher's responsibility to use the best approach possible and the best materials available to foster the motivation that young learners bring to class. They bring not only their motivation to learn, but also their willingness to participate in class activities. Their energy is a further asset that teachers should capitalize on. Children are willing to volunteer as they enjoy using the language to act out roles, to sing songs, to recite, to play games, and so on. They are ready to use the target language in dialogues, games, role plays, storytelling and other situations presented in class without being ashamed. Using the language this way helps fixing the roots of the language. It is the teacher's responsibility to make the best of this potential to make children grow personally as personal growth at this stage is more important than just learning a foreign language.

5 CONCLUSION

This article has essentially concerned *Challenges Facing the Teaching of English in Bunia Primary School*. It considered both benefits and constraints of introducing the English language as a compulsory subject to primary education. The study opened with an introduction followed by the section of research methodology. The coming section presented the results of the research, which was finally discussed in the last section. A conclusion put an end to the elaboration of the article.

The study aimed at establishing the challenges affecting the introduction of English Language Teaching in Bunia Primary schools.

To reach the objective, the study was conducted using descriptive design. For data collection, the main concern was survey method where a questionnaire was addressed to teachers. Besides, documentary technique was found relevant for deskwork. Data were coded and analyzed using the descriptive statistics such as frequencies and percentages, then data were presented using frequency tables, bar graphs, and pie charts.

The hypotheses have been attested, therefore the results have demonstrated that there is no language content for English in primary schools. Each teacher creates himself the materials to teach. Teachers of English in primary schools are not qualified. They teach without appropriate methodologies. Findings finally has supported that younger children are intrinsically better language learners, and become more proficient quickly.

Regarding the above results I suggest the followings:

- Elaboration of curriculum or textbooks for primary school;
- Training of teachers for ELT in primary school;
- Sensitization of the school stakeholders about the starting of English Language Teaching at Early age

REFERENCES

- [1] Richards, C. J. and Rodgers, S. T. 2001. *Approaches and Methods in Language Teaching*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [2] Piaget, J. 1958. *The Child's Construction of Reality*. London: Routledge & Kegan Paul.
- [3] Trujillo-Saez, F. (2001). Teaching languages to young learners: A historical perspective. In Daniel et al. *European models of children integration*. (pp.135-145) Granada: Grupo Editorial Universitario.
- [4] Chomsky, N. 1980. *Knowledge of Language: Its Nature, Origin and Use*. New York: Praeger.
- [5] Lennberg, E. 1967. *Biological Foundations of Languages*. New York: Wiley.
- [6] Bruner, J.S. 1983. *Child's Talk: Learning to Use Language*. Oxford: Oxford University Press.
- [7] Gürsoy, E., Korkmaz, S.Ç., & Damar, A. E. (2013). Foreign language teaching within 4+4+4 education system in Turkey: Language teachers' voice. *Egitim Arastirmalari-Eurasian Journal of Educational Research*, 53/A, 59-74.
- [8] Kothari, C.R. 2011. *Research Methodology. Methods and Techniques (2nd edition)*. New Delhi: New Age International Limited Publishers.
- [9] Johnstone, R. 1994. *Teaching Modern Languages at Primary School: Approaches and Implications*. Edinburgh: Scottish Council for Research in Education.
- [10] Nunan, D. 2011. *Teaching English to Young Learners*. Los Angeles, California: Anaheim University Press.
- [11] Vanhove, J. 2013. The Critical Period Hypothesis in Second Language Acquisition: A Statistical Critique and a Reanalysis. *PLoS ONE*, 8, e69172. DOI: 10.1371/journal.pone.0102922 (retrieved on 18th January 2013).
- [12] Moon, J. 2000. *Children Learning English*. London: Heineman Macmillan.
- [13] Cajkler, W. & Addelman, R. (2000). *The Practice of Foreign Language Teaching*. London: David Fulton.
- [14] Larsen-Freeman, D. 2000. *Techniques and Principles in Language Teaching*. Oxford: OUP.
- [15] Vygotsky, L. 1962. *Thought and Language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- [16] Lambellet, A. & Berthele, R. 2015. *Age of Foreign Language Learning in School*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.

APPENDIX

QUESTIONNAIRE: TEACHER'S PERCEPTIONS ABOUT THE TEACHING OF ENGLISH

I. According to you, why is English introduced in Primary School?

1. Proximity with English Speaking Schools ☐
2. Getting more pupils ☐
3. develop pupils' ability in ELT ☐
4. Other possibilities ☐

II. What is the first language of your pupils?

1. Swahili ☐
2. Lingala ☐
3. French ☐
4. Swahili and Lingala ☐
5. Other possibilities ☐

III. Do you have a copy of the national program?

1. Yes ☐
2. No ☐

IV. What textbook do you use?

1. *English for Africa* ☐
2. *Go for English* ☐
3. *Britain I* ☐
4. *Sounds to Read (level 1,2,3)* ☐
5. I create my material myself. ☐

V. What methodological approach (es) do you use?

1. Communicative Language Teaching (CLT) ☐
2. Total Physical Response (TPR) ☐
3. Both CLT and TPR ☐
4. Traditional method ☐
5. I teach without any specific method. ☐

VI. How do you rate the interest of your pupils for English?

1. Excellent ☐
2. Good ☐
3. Satisfactory ☐
4. unsatisfactory ☐

VII. According to you what should be the profile of a good Teacher of English?

1. A graduate teacher ☐
2. A specifically trained teacher ☐
3. A generally trained teacher ☐
4. Other possibilities ☐

VIII. What difficulties do you face in the teaching of English?**IX. What do you suggest to improve the teaching of English in primary school?**

Interpretative anthropology of cultural religious facts: Example of cultural practice of initiation of children in traditional convents of Southern Benin

Hounyoton Hospice Bienvenu¹, Ahonnon Adolphe², and Biga Boukary Alassane²

¹Laboratory of Social Dynamics, Education, Sport and Human Development (Ladys-ES-DH, INJEPS, UAC),
University of Abomey-Calavi, Benin

²University of Abomey-Calavi (Benin), National Institute of Youth, Physical Education and Sport,
Social Psychology and Animation Research Unit (UR-PSA), Benin

Copyright © 2023 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 vòdún seems lively and dominant with many rites and initiations that constitute cultural forms of socialization, education and protection of humans. But it must also be recognized that this religious practice, despite its roots, seems to be characterized by a certain violation of the rights of the child during initiations in convents. Conducted on the basis of historical-anthropological, sociological and human rights data, the study offers a journey into the cultural and religious universe vòdún, which takes into account the model of socialization and the conditions of admission without forgetting the initiation practices in the vòdún convents of southern Benin. With the universalization and ideologization of human rights, particularly children's rights, the influence of which is noticeable in the strategic and political orientations of nations throughout the world, an initiation of children in traditional convents respectful of their rights, avoid any criticism and credit this religious practice with a promising future in a multicultural world.

KEYWORDS: vòdún, socialization, education, child protection.

1 INTRODUCTION

Religious practices seem to exist universally and set themselves up as very framed cultural realities, giving and regulating the meaning of life and the relationship of humans to the supernatural. In Benin, each cultural expression of socialization, initiation of men and women is a great moment of reminder of the attachment of humans to the divine and of manifestation of the cultural richness and uniqueness of the communities. Beninese ethnographic and historical accounts dating back several centuries reveal the attachment of the peoples of ancient Dahomey to their ancestors who are at the heart of their religious practices and beliefs.

For these peoples, the dead ancestors and their living descendants constitute two interpenetrating worlds. The dead are not dead, as the poet Birago Diop said. They are regularly called upon by the living when something is wrong or when it is necessary to implore God. While being in the afterlife, they continue to govern life on earth and to ensure respect for habits and customs. That is why, from time to time, we make offerings to them. The dead to whom we remain attached until the moment when we are going to join them in the beyond and in the kingdom of God belong to the vòdún universe, which would be perceived as the set of invisible or supernatural forces and the processes which allow us to communicate and remain in harmony with them.

For Father Michel Dujarier, who lived 33 years in the south of Benin: "The Vòdún is still very much alive in its practices and especially in its deep mentality, and manifests itself in daily life, especially during difficulties, even sometimes in those who, sincerely, have adhered to Christianity or Islam. It is therefore not surprising that religious syncretism is commonplace in countries with a vòdún tradition. Whether one is Christian or Muslim, one is somewhere equally comfortable in a voodoo temple. For Dujarier: "It is the problem of a culture which has a deep vision of life and which remains unconsciously in

competition with a second vision, that of the modern world. However, it always reappears as necessary, the one to which one resorts, during important events. The current destruction of this vision risks being catastrophic, especially if nothing else restructures. »

To ensure their succession, the “vòdún socialization” of the child through initiation is required. It would work, a priori, for the protection of the child by preventing against the various forms of violence, mistreatment, exploitation, ill-treatment, trafficking/smuggling, work to which he could be subjected and traditional practices prejudicial to his child’s well-being in terms of education and health.

According to the results of the analysis of the situation of children, in Benin commendable efforts have been made to achieve the Millennium Development Goals (MDGs) with regard to several indicators relating to child protection. Some themes could not be opened up to child protection interventions because of their very high sensitivity and their unauthorized accessibility to a very large segment of child protection actors: this is the case of children in convents whose full enjoyment of rights raises many questions.

The world of convents in Benin is therefore the main subject of this research, which focuses on the living and training conditions of children who follow vòdún. Ethnology is interested in this cultural form of socialization and the way in which it contributes to the violation of the fundamental rights of the child recommended by the main international institutions. From an ethnographic perspective, the emphasis was deliberately placed on the real situations faced by initiated children, that is to say, educated and socialized in the vòdún convents in southern Benin.

Conducted over a period of five years (September 2017 to November 2022), due to the sensitive nature of its object, the study specifically focused on 157 traditional convents identified and visited in the municipalities of Allada, Kpomassè, Toffo, Tori and Zè in the Atlantic department including 72 of the children (372) in initiation during our investigations. The data collected reveals that more than 90% of the heads of convents are male, illiterate, without professional occupation (more than 80%); which feeds the hypothesis of a great dependence on the dowry or initiation fees.

As indicated above, it is the Communes of Tori, Toffo, Allada, Kpomassè and Zè of the department of the Atlantic which have been retained, because of their attachment to the practices and beliefs vòdún without forgetting the initiation of children in view of their socialization. In total, the research involved 35 districts, 95 villages and 157 convents in the department. It describes the conditions of children in vòdún convents and highlights elements of understanding the life of children in convents with a view to proposing approaches to solutions that can be used at the national level.

In Tori, the investigations were carried out in 20 villages of the five districts of Avamè, Azohouè-Aliho, Tori-Gare, Tori-Cada and Tori-Bossito for a total of 50 convents) against 16 villages at the commune level sister of Toffo, notably in the districts of Sey, Kpomey, Coussi, Damey, Colli with 29 convents. In the commune, capital of the department of Allada, the research takes place in the districts of Ahouanonzoun, Attogon, Lissegazoun, Ayou, Avakpa, Agbanou, Lonagonmey and takes into account the 35 villages each housing a convent, that is to say in total 35 convents visited. In the commune of Zè, the study covered 10 districts out of eleven that it has with a total of 20 villages with 17 listed convents. The production on this cultural practice has been widely documented in the literature since independence and which tries to show its depths and its philosophy without forgetting its challenges of development and respect for human dignity.

Several Beninese writers ADANDE Joseph, (Animism in Benin, 2003), Olympe BHELY-QUENUM in (The birth of Abikou, 1998), Jean PLIYA in the history of my country Benin, 1992, by Gaston AGBOTON in (Culture of the Peoples of Benin, 1997) and Laënnec HURBON in (Les Mystères du vaoudou, 1993), Arnaud Zohou, 2021), whose writings have lifted the veil on certain depths of Beninese culture, were mobilized in the realization of this study which will be based on the census of a number of convents in the study area. The vòdún, “religious fact at the confluence of the psychological, the social and the political, is a set of open methods, a flexible and labile structure, whose strength lies precisely in its adaptability to historical and geopolitical data, but also to configurations individual variables, considers Arnaud Zohou, 2021. The vòdún, according to Zohou’s most striking thesis, is perceived as a precious tool for facing contemporary challenges through its multiple philosophical, aesthetic and ethical aspects condensed in the concepts of “movement”, “assembly”, “reinterpretation”, “shaping” and “transformation”. We therefore understand why he finds himself summoned for the education, the socialization of the child in the convents.

The methodology is also based on the conditions of admission, training and care of children and young initiates organized around four (4) main stages: (i) understanding and harmonization of the points of view the orientation workshop on traditional practices held in Allada, (ii) the documentary review on initiation, particularly in southern Benin, (iii) the collection and analysis of field data (iv) finally the triangulation of the results with the results of Benin in terms of child protection in order to deduce the gaps and the most relevant recommendations that can be the subject of a feasibility study.

The recommendations of the Allada workshop have helped to identify the essential orientations of this study and to ensure that all concerns are covered. Then, the documentary review on the initiation in the convents in particular in the south of Benin, was interested in the wake of the fundamental question of the protection of children in Benin on the background of interviews conducted with certain leaders and guardians of the tradition. and a few personalities from the intellectual world of the milieu having succeeded in taking stock of knowledge on the phenomenon of initiation. This phase facilitated the choice of approach, the development of collection tools and sampling. The third step consisted of recruiting interviewers-informants, who were trained in the techniques of collecting statistical data and conducting interviews during visits to the convents located in the geographical areas covered by the study. At this stage, our investigators-informants were recommended to resort to participant observation, which made it possible to collect information on children who could not be had in the presence of traditional religious leaders, notables or parents who sent them to initiation into convents. Indeed, the rules of convent life do not allow the "initiates" to speak in the absence of their "initiators" because of the sacrosanct principle of "secrecy" established as a principle that participant observation will have revealed.

The counting stage, the last stage of our methodology, will have brought together the investigators-informants under our supervision and focused on the profile of the heads of convents and their residents, the admission criteria and the field of intervention, the costs of the training, the living conditions, the post-initiation project of the children and their knowledge of their rights. The data processing team proceeded to triangulate the information on the basis of the documentary review with, as an analysis framework, the rights recognized for children and more specifically the commitments for the achievement of the MDGs in 2015.

2 THE ORIGIN OF VÒDÚN AND THE APPEARANCE OF VÒDÚN CONVENTS IN BENIN

Subject to controversy and controversy, representation of the devil or symbol of fetishism, the vòdún represents for Beninese, an intangible heritage whose foundations and determinants structure community life and beyond existence. Like the other religions of the world, vòdún, in reality, is based on norms and principles of its own and respecting moral laws and the rights of the human person. The designers of this religion structured it around the elements of the cosmos that are sky, earth, water, air, fire, representing the various entities constituting the vòdún.

In our research, in the discussions that we had with the priests and followers of this so controversial religion, it appears that the vòdún is only the representation of God on earth... And this Omnipotent God is baptized MAWULISA. From him derive all the other minor deities: the Legba, the Sàkpàtà, the Hêviôsô or Sôgbô, the Gu, etc. who are a bit like saints, real ladders to access the Omnipotent MAWULISA. And as proof, when we have the chance to attend a vòdún ritual, the vòdún priest or priestess always invokes GOD. In short, vòdún is neither magic nor fetishism. It is rather a religious philosophy that has nothing to do with magic, which is mystical and given its importance in Beninese society, the government has not hesitated to decree a national day of vòdún since the advent of democracy in 1990: January 10 of each year is indeed celebrated in order to promote this culture which dates back to time immemorial and which has played a preponderant role for ages up to the present day in our African societies and more particularly that of Benin.

From the founding myths of vòdún, we note that originally, indeed, heaven and earth were not separated. Then one day, the sky moved away from the earth. Since then, MAWU, the supreme being who has become "the unknowable" for humans, has delegated the management of the universe to his sons, the vòdúns. The latter appear in some way as his ministers in charge of "terrestrial and human relations", each in the field assigned to him. The vòdún Thunder, Hêviôsô, for example, governs the phenomena of celestial, atmospheric origin, and its justice is exerted by the lightning which strikes the traitors, the perjurers, the murderers. Xèbiosso in the Ajà-Tado cultural area is the police god par excellence. Sàkpàtà, is the master of the Earth who nourishes man by giving him corn, millet and other cereals, but punishes him when he is offended by causing the grain he has eaten to appear on his skin, smallpox. This is why it is also called the "King of Pearls", an allusion made to smallpox pustules. Dan ayidohwèdo, the "Rainbow Serpent", the "Breath that envelops the universe" and winds around the Earth to support it, controls all movement, governs the course of the waters and ensures success, fruitfulness and wealth. Gou or Gu, the Master of Metals, is the "deity" of all those who work with iron (blacksmiths, farmers, warriors, hunters, sinners, hairdressers...) and by extension of all "technical" human activity He receives always its share of praise during ceremonies in honor of other "deities", because without the knife which it allows to forge, no sacrifice would be possible.

By ordering the world in this way, the supreme being took care to discourage a possible plot against him. Each vòdún will have its specific language, unknown to the others. Only Legba, his youngest son, who received no "tangible" domain in sharing, will know them all. Master of the Word, of Communication, Legba, associated with Fa, Destiny, will be the universal messenger and will "open" all the ceremonies in the vanguard.

To interpret the world in which he evolves and understand the functioning that governs it, this with the aim of being in perfect symbiosis with nature, the follower of vòdún has recourse to a certain number of tools which have complementary functions., necessary to maintain order.

Particularly well established in southern Benin up to the height of the hills department and in neighboring southern Togo, the cult of vòdún would have come from western Benin with the Àjá-Tado under the reign of King Tégbessou of Abomey in the 18th century.

In Benin, traditional religions occupy a large place. The voodoo, whose followers are called animists, represent 62% of the population. (Pliya, 1993, p. 106). In general, the vòdún gods are very present. Gaston Agboton believes that the entire Beninese population is bathed in this sacred atmosphere, from the old aunts, guardians of tradition and customs, to the highest personalities of the State. This denotes the importance of vòdún in Benin and in the lives of Beninese, from the poorest to the richest, from the smallest to the oldest and from the illiterate to the greatest intellectual. Every Beninese is directly or indirectly linked to a vòdún, whatever the type.

Asked about this, Beninese evoking vòdún, perceive this cultural practice specific to a social group, as the set of divine and natural prescriptions governing the ethnophilosophy of the peoples of Lower and Middle Benin. Mythology and social representations thus overlap in the perception that some Beninese have of this ancestral religion which needs places of initiation, supposed to train, educate followers or religious for the well-being of the community and its preservation.

In Benin, the voodoo convent also called Hounkpamin or Hounhoué is a structure, a framework where the training of followers of the vòdún religion takes place. It is a closed place where the followers of the different vòdúns, divinities or deities are trained. These are secret societies whose members are bound by belief in divinities or deities. It is a kind of temple where future vòdún priests and adepts live and are initiated. The convent is a high place of secrets. Initiates do not have the right to reveal what they have experienced or seen at the convent. They are taught silence, guarding one's mouth (translated from fon hinnoun). Pacts are signed between the initiates and the heads of convents. The convent, a kind of fortress equipped with ramparts, entrance and exit door but also delimitation between the dwellings of the initiates and the non-initiates or already initiated, is inhabited in the context in our study by vòdúnsi who belong according to our ethnographic materials to all social strata. Still called Hounsi, the term vòdúnsi designates a convent intern, the follower of a vòdún or the wife of a vòdún assigned to both sexes. It designates in a way the disciple of a certain divinity or deity, even spiritual entity that one supposes to possess the adept, literally translated: "to dance on his head", in which he would be reincarnated. Before becoming a follower or the vòdúnsi, under the influence of the deity or entity of which he happens to be the disciple, the individual, and in this case, the child must first be initiated into a convent of his vòdún "reincarnator" to follow there for a determined time, an essential training in religious practice, in the rites and rituals of the exercise of his religion.

In total, there is a link between the vòdún convent and the education, socialization and professional training of the child follower or vòdúnsi in the configuration of this religion codified by tradition and maintained by religious dignitaries, who maintain a tradition oral known by all populations. In reality, it is this maintenance of an oral tradition that explains the survival of these places of formation or vòdún convents in the functioning of religious life in southern Benin and gives us the opportunity to identify, in terms of respect for the rights of the human person, their usefulness in terms of "socialization-training" in a context of ideologization of policies for the promotion, defense and protection of the rights of the child.

3 THE VÒDÚN CONVENT: A SACRED INSTITUTION VIOLATING THE RIGHTS OF THE CHILD IN THE NAME OF A RELIGION

Safeguarding children against religious fundamentalism or the effects of a cultural religious belief is an imperative, a moral, legal and developmental responsibility that the leaders of countries must respect for the well-being of children who constitute the future, the belongs to any human society. As a result, the question of education, socialization of the child, must constitute a major aspect of any policy or strategy for the protection of children and should be the priority of any nation.

International human rights law, emphasizing the importance of the right to life, education and security of every child, would oblige the Beninese public authorities to guarantee, enforce and protect these rights embodied in the convention. on the rights of the child to children undergoing initiation in vòdún convents. National phenomenon whose magnitude is revealed in this study, particularly in the Atlantic department.

Indeed, in the five out of eight municipalities covered by this study in the Atlantic department, there is a strong representation of children in vòdún initiation convents, 157 convents according to our investigations, which violate the rights of children. in times of formation during this religious seclusion-retreat constituted by initiation into convents.

Listed in 95 villages, that is to say a ratio of 1.65 convents per village for a coverage rate of 72.9% of the territory of the department, the vòdún convents show the extent and the representativeness of the conclusions of this study in the face of a phenomenon that grips thousands of children deprived of their rights.

From any other point of view, the results from our ethnographic and sociological surveys revealed a greater vulnerability of girls to initiation in all the municipalities, the subject of this study, with a peak at the level of Kpomassè, that is to say 21 girls out of a total of 23 initiated children. Moreover, it is in Kpomassè that the smallest proportion of children in the convent has been recorded. If the predominance of female and aquatic deities may justify the predominance of girls, one is tempted to suspect that the convent placement of little girls in these communes can be considered as a contributing factor to the low level of schooling for girls.

Similarly, 2 out of 10 children in the convents belong to the primary school age group, 6-10 and 7 out of 10 children in the convent are between 11 and 16 years old. This bracket is equivalent to at least the end of primary education and the first cycle of secondary school.

The reading of the age groups of the children in the convent predicts what they are there at the very moment when they must start school, pre-schooling and primary schooling (31.44%); and especially when they should finish primary and at least lower secondary (68.55%). In general, 44% of initiated children identified by research are adolescents.

The information reported clarifies that concerning the level of education of the children. Indeed 20% of children were educated against 21.13%. The 80% of non-literate children were busy learning various profiles (15.46%) and working in the fields (12.89%).

It also shows 46.91% of children who were not occupied at the time of their recruitment in the convents. The remaining 3.61% are mainly engaged in commercial activities and these are mainly girls in the 16 and over bracket. The investigations also showed that girls are more recruited into the convents (66%) than boys, while the convents are mainly managed by men. Similarly, 80% of initiates have never set foot in school.

According to our research, the decision to place children in a convent comes from 90% of the children's parents. The initiators estimate that the duration of the initiation could reach or even exceed three (3) years that is to say half of the cycle of primary education. This period takes into account the whole process until the child is allowed to speak his mother tongue again. We can deduct from this that confinement in a convent as practiced today does not promote the formal education of the child, which amounts to saying that his right to learn to read and write is violated in a sense. The study revealed that initiation is paid for and costs more and more and the amount could reach one million (1,000,000) CFA francs in some localities. We then wonder about the elements of motivation of the parents to privilege the initiation to the convent compared to the primary education made free in Benin.

In terms of health, the study revealed that 88% of initiators accept the admission of residents to modern care and the association, if necessary, with traditional care. 12% are convinced that the exclusive traditional care method is effective. 100% of children acknowledge undergoing ritual scarification during their initiation. But according to the requirements of the heads of convents, health workers can only access these places for preventive and/or curative care when they are initiated. Moreover, 9 children out of 10 declare that they do not sleep in the convent under a mosquito net.

This might be of concern when you know that most convents are located in forests, environments conducive to mosquitoes. The sacred character attached to the initiation rites means that the initiates are bound to secrecy and silence on the content and curriculum of the initiation, as well as on the possible abuses that would be committed on the children.

The study also revealed that in the event of abuse in any form, the insider victim has no recourse. It can be deduced from all the above that the initiation rites as practiced today in the convents constitute an obstacle to education, judicial and health protection, leisure, participation in community life and other children's rights. With regard to the duration of initiation, the analysis of the results reveals that 90% of the initiators of Allada set the duration of the initiation between 12 and 36 months, against 70% in Tori and 36% in Toffo. All Zè initiators opt for a duration of less than 12 months.

As regards the membership of initiates in convents, the same results show that only 5% of children freely join the convent corresponding roughly to the cumulative vòdún proportion of children who came to the convent on the decision of the "future spouse" or by decision of the "head of the convent". This low rate would hide a certain coercion and brutality that force the child to do what he does not want. We can find these same children among the 5% who consider themselves truly "given" to vòdún against their will. Moreover, they do not hide their frustration and this coercion by expressing their dissatisfaction at not having chosen the convent life they know, evoking the poor living conditions, the need for education, the discomfort of the scarifications which "hurt too much" and the absence of playful games, not to mention the unsanitary conditions, the

discomfort of the accommodation and the dissatisfaction with the hygiene conditions. 9 out of 10 children say they do not sleep in the convent under a mosquito net. This might be of concern when you know that most convents are located in forests, environments conducive to mosquitoes. The only way to fight mosquitoes is to smoke them with specific plants.

By evoking the blade as a means used during ceremonies, most children could have confused ritual scarifications with therapeutic and/or protective scarifications. The high rate of non-responses to the question also reveals the esoteric character of the convents. Generally, this is inaccessible information.

As for the risks of sexual abuse in the convents, 96.90 of the children say they have never been victims of sexual abuse on the part of their initiators or any other person involved in their education or training. 3%, mainly girls aged 16 and over, refrained from answering the question. What seems certain is that the rate of non-correspondence between the sex of the initiator and that of the initiate can prove to be a risk factor for slippage, given the conditions in which the rituals take place. But in the event of an occurrence, the insider victim has no recourse. In practice, debates outside the investigation raise a serious suspicion of sexual violence, and even abortion in conditions described as "unorthodox".

Finally, the analysis of the responses of the initiators on the separation of children by sex and the coincidence of the sex of the initiator with that of the initiate suggests a great risk of suggestions of a sexual nature.

Regarding the punishment/correction options, it should be noted that 85 children surveyed, or 43.81%, believe that in the event of misconduct they will be punished in the following ways: kneeling, cleaning in the convent, chores of all kinds.

28 children, or 14.43%, speak of physical abuse, mainly the lash. 59 children or (30.41%) talk about other forms of punishment such as paying tribute, warning or verbal abuse (verbal reprimands). 22 children, or 11.34%, abstained from answering the question. This silence expresses a certain embarrassment and discomfort that could hide difficult situations for the children, but not so easy to fully reveal, in the presence of the initiators.

Overall, the study was able to identify a few serious violations committed against children during initiation into voodoo convents, namely the recruitment and use of children for religious purposes; mutilation and harm to the physical integrity of children; physical violence; moral and sexual rights against children and the denial of schooling without forgetting the multiple economic, social, cultural and political rights of the child.

4 INTERNATIONAL HUMAN RIGHTS LAW: A RESPONSE TO BENINESE VODOO CONVENTS

Children affected by voodoo convents are entitled to respect for their fundamental rights and to special protection in the Atlantic department and, consequently, in Beninese society as a whole. To do this, the public authorities must initiate political actions included in a detailed document making it possible to affirm that the violations committed against children undergoing initiation into convents constitute serious breaches and violations of applicable international law. Because, the picture relating to the respect of the rights of the child is not the most brilliant in these convents, especially in terms of health and education. Dynamic and coordinated action is needed in the short, medium and long term. This action must be adopted and intend to help child protection actors to put an end to the violations committed against children initiated in convents.

As the protection of children in convents constitutes a legal, moral and societal commitment, it is urgent that the actions of public authorities be resorted to international human rights law, mainly to the various international instruments for the protection of the child that are the Convention on the Rights of the Child (1989) and its optional protocols of 2000 and 2012, the Universal Declaration of Human Rights (1948), the Covenants on Civil, Political, Economic and Social Cultural Rights of 1966. These actions must also be based on regional human rights instruments, in particular the African Charter on Human and Peoples' Rights (1981), the African Charter on Human Rights and Childhood (1990), Convention 182 of the International Labor Organization (1999) and the Convention against Torture and Other Cruel, Inhuman or Degrading Treatment or Punishment (1984).

These tables below will make recommendations and propose an action plan likely to put an end to the abuses and violations, even breaches observed in the voodoo convents of which children are victims. The latter must:

- Take the necessary steps to allow heritage to find its proper place in Beninese educational program;
- Researching popular culture and publishing the results;
- Organize Cultural Centers for literacy, development and understanding of national cultural elements;
- Create medical centers for the development of integrated medicine, an alliance between western medicine and traditional medicine;
- Establish international working relationships with certain international organizations, including UNESCO, to ensure the promotion of voodoo, particularly in its positive aspects

5 INTERPRETIVE ANTHROPOLOGY AND CULTURAL PRACTICES AS MODELS FOR UNDERSTANDING BENINESE VODOO CONVENTS

The current persistence of voodoo initiation convents which would seriously violate the rights of thousands of children in the Atlantic department, as well as in Beninese society as a whole, should lead us to see certain cultural practices frozen and becoming imposing on members of society. The voodoo belief and the representations it continues to elicit must be perceived as experiences lived by parents whose mental representations continue to value this tradition. Indeed, beyond any reprobation, we must above all seek to understand the implicit knowledge implemented by the initiation to voodoo which legitimizes their attachment to principles and values at a time when the effects of tradition are strongly contested. with regard to international instruments for the protection of human rights, particularly of children in the world. The history of Benin being linked to the voodoo religion by a certain number of practices, rites and rituals whose survival governs the dominant ethnophilosophy, one cannot criticize or denounce this recourse to voodoo initiation without recourse to interpretative anthropology. of Clifford Geertz suggesting to perceive culture or a cultural element as a historical collective product maintained by the actors of the social body from generation to generation.

From this observation, it will be acceptable to use the anthropology of cultural practices to understand Beninese societies in some of their possible cultural aspects that would violate the rights of children. The solution will be dialogue and interculturality to try to put an end to cultural forms of socialization that would undermine the rights of the child at the level of a country or a continent.

6 CONCLUSION

The census of convents and the study of the conditions of admission, of formation, of the life of children and young initiates constitute a mine of information that needs to be explored further.

However, it is possible to continue the debate on the disturbing scope of the initiation rites that enlist many children of school age.

This study has attempted to describe the extent of a phenomenon in all its complexity, the situation encountered by children in convents of initiation into voodoo with consequences in terms of violations of their fundamental rights.

Although this deserves a more in-depth analysis, it nevertheless underlines the attachment of Beninese to their cultural reality in an era of ideologization and globalization of human rights, showing the impasse in which we find ourselves in apprehending separately religion or cultural belief and protection of childhood through in terms of universalization and particularization of the rights of the human person through cultural differences induced by ethnophilosophy at work in the conceptions of man, particularly of the child and life in society.

However, considering putting an end to this harmful practice of initiation in convents, like these cultural practices violating the rights of the child, would not be in vain, if we are to believe in the dynamics and transformations observed in societies that require a reflective time based on actions aimed at challenging the inviolability of religious traditions, called upon to adapt and fit into the era of new times.

The extrapolation of the data from this study clearly indicates the scope of a perennial and stubborn phenomenon, due to its perpetuation from generation to generation. The new dynamic will want to take into account the rights of the 2% of the population of Beninese children, in particular of these young girls and boys deprived of their right to a name, to go to school, to benefit from adequate care in the event of illness and above all to participate in the social life of their country and in the protection of the State. This practice of initiating the child in a convent, on analysis, does not favor the development of the child, must be revisited and inscribed in a cultural dynamic to guarantee the participation in the national effort of these thousands of children through their preparation for participation in national development.

From this point of view, the knowledge of the determinants, the open-mindedness of some authorities and guardians of the tradition should engage the State and the partners on new avenues of discussion and advocacy. Thus, the opportunity for the creation of more convivial convents and more able to give to the boarders the minimal conditions of blooming while preserving this essential tool of the socio-cultural substratum of our country, is offered to the State which could improve its scores in achieving the MDGs, through credible new alternatives in the fields of cultural and worship initiation, which have a bright future ahead of them in the name of culture and cultural diversity.

Once the specter of serious violations of children's rights has been removed, we can make this religious practice a fundamental element, a relevant model for promoting an education, socialization respectful of values and a ethics participating

in the shaping of beings able to evolve in their environment, to transform it by participating in their capacity as humans in the development of their country.

REFERENCES

- [1] Adandé, J. (2003). Animism in Benin, Introductory text on vodun.
- [2] Agboton, G. (1997). *Culture of the Peoples of Benin*, Paris: African Presence.
- [3] Bhêly-Quenum O. (1998). *The birth of Abikou*. Benin: Phoenix.
- [4] Hervé, F. and Corneloup, M.M. (2010). *Albert-Kahn Museum*.
- [5] Pliya, J (1993). *The history of my country Benin*. African Presence.
- [6] Quénum, J-C (1998), Interactions of modern traditional education systems in Africa. Harmattan.
- [7] Ninon, C. (2022). *Arnaud Zohou, A History of Vodoun. The Act of Living*, Lectures [Online], Reports, posted on February 23, Accessed on April 16, 2023. URL: <http://journals.openedition.org/lectures/54523>.
- [8] Palau-Marti, M. (1974). L. Hurbon. God in Haitian Voodoo. In: *Revue de l'histoire des religions*, volume 186, n°2, p. 227.
- [9] Zohou, A. (2021). A history of Voodoo. The act of living, African Presence Editions, 272 p.

Caractérisation structurale des peuplements naturels de *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. (Meliaceae) en Côte d'Ivoire

[Structural characterization of natural populations of *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. (Meliaceae) in Ivory Coast]

Houphouet Yao Patrice¹, Kouassi Kouadio Henri¹, Adjé Beda Innocent¹, Akaffou Doffou Sélastique¹, Rabe Danielle Axelle¹, Duminil Jérôme², and Sabatier Sylvie Annabel³

¹UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

²CIRAD, IRD, Université Montpellier, Montpellier, France

³CIRAD, CNRS, INRA, IRD, Université Montpellier, Montpellier, France

Copyright © 2023 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: *Khaya senegalensis* is a widely exploited forest species in Ivory Coast. This natural resource is listed on the IUCN Red List. Its efficient management requires the collection of information on its growth and development in standby. This study analysis the structural characteristics of natural stands with a view to providing information necessary for the preservation and sustainable management of *Khaya senegalensis* in Ivory Coast. To do this, floristic inventories were carried out in eight localities of its natural range. Dendrometric measurements were made on individuals with a diameter greater than or equal to 5 cm at a height of 1,30 m from the ground. A count of individuals with diameters less than 5 cm at a height of 1,30 m from the ground was made to assess the potential for natural regeneration. The results reveal a low overall density ranging from 3 to 10 trees per hectare. The highest density is represented in the northwest in Odienné. Also the largest diameters (50,36 cm on average) were observed in Odienné. The average total height (17,36 m) and the average height of the bole (7,50 m), the highest were also obtained in the northwest in Touba. Vertical and horizontal stand structures reveal an abundance of young individuals. Stands are subject to various human pressures (debarking, pruning, cutting) resulting in poor regeneration of the species in its natural habitat.

KEYWORDS: *Khaya senegalensis*, Sustainable management, Structural characteristics, regeneration, Ivory coast.

RESUME: *Khaya senegalensis* est une essence forestière largement exploitée en Côte d'Ivoire. Cette ressource naturelle est inscrite sur la liste rouge de l'UICN. Sa gestion efficiente nécessite la collecte d'informations sur sa croissance et son développement en peuplement. La présente étude analyse les caractéristiques structurales des peuplements naturels en vue d'apporter des informations nécessaires à la préservation et la gestion durable de *Khaya senegalensis* en Côte d'Ivoire. Pour ce faire, des inventaires floristiques ont été réalisés dans huit localités de son aire de répartition naturel. Des mesures dendrométriques ont été effectuées sur les individus ayant un diamètre supérieur ou égal à 5 cm à hauteur de 1,30 m du sol. Un comptage des individus de diamètre inférieurs à 5 cm à hauteur de 1,30 m du sol a été fait pour évaluer le potentiel de régénération naturelle. Les résultats révèlent une faible densité dans l'ensemble variant de 3 à 10 arbres à l'hectare. La densité la plus élevée est représentée dans le Nord-ouest à Odienné. Aussi les plus gros diamètres (50,36 cm en moyenne) ont été observés à Odienné. La hauteur totale moyenne (17,36 m) et la hauteur moyenne du fût (7,50 m), les plus élevées ont été obtenues également dans le Nord-ouest à Touba. Les structures verticales et horizontales des peuplements révèlent une abondance des jeunes individus. Les peuplements sont soumis à diverses pressions humaines (écorçages, émondages, coupes) entraînant une faible régénération de l'espèce dans son habitat naturel.

MOTS-CLEFS: *Khaya senegalensis*, gestion durable, caractéristiques structurales, régénération, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

En Afrique subsaharienne, les essences forestières indigènes procurent à l'Homme des biens économiques, alimentaires, médicinal, fourrager, culturels et écologiques [1]. Malheureusement l'exploitation sélective de certaines essences indigènes à usages multiples menace fortement la survie de leurs peuplements naturels. Parmi les espèces exploitées de façon sélective en Afrique subsaharienne figure *Khaya senegalensis*. L'espèce est prisée pour la qualité de son bois et des multiples vertus médicinales des organes [2]. La surexploitation de l'espèce a conduit à son inscription sur la liste rouge de l'union internationale pour la conservation de la nature [3] en tant qu'espèce confrontée à un risque très élevé d'extinction à l'état sauvage [4].

En Côte d'Ivoire, cette espèce présente dans les zones savanicoles du nord est menacée car surexploitée par les populations. Les organes (écorces, feuilles, racines) sont largement utilisés en pharmacopée traditionnelle. Le bois est utilisé en ébénisterie pour la fabrication des meubles, de portes, des fenêtres et la charpente des maisons. Les feuilles sont utilisées pour l'alimentation des bovins. L'espèce constitue une source de revenu importante pour les populations locales [5]. Cependant les formations naturelles demeurent les seules sources d'approvisionnements des populations en Côte d'Ivoire. Aussi dans le contexte actuel de surexploitation du milieu naturel et de la perte drastique des ressources phytogénétiques, la survie d'une espèce repose sur des approches de gestion appropriées. Les informations sur la structure démographique d'une espèce constituent une base de données nécessaires pour la protection et le suivi de la dynamique de son peuplement [6]. La présente étude a été entreprise pour analyser les caractéristiques structurales des peuplements naturels de *Khaya senegalensis* en Côte d'Ivoire. De façon spécifique, il s'agit de décrire les caractéristiques dendrométriques, d'analyser leur structure démographique et de déterminer les potentialités de régénération naturelles.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

L'étude a été réalisée dans le nord de la Côte d'Ivoire. Cette partie qui couvre les différentes savanes (Soudanienne, Sub-soudanienne et guinéenne) tel que défini par [7] abrite les peuplements naturels de *Khaya senegalensis*. Pour diagnostiquer la variabilité écologique des peuplements, huit localités distinctes ont été parcourues (figure 1). Il s'agit des localités de Touba (Nord-Ouest), Odienné (Nord-ouest), Ferkessedougou (Nord), Korhogo (Nord), Katiola (Centre-Nord), Bouaké (Centre-nord), Bouna (Nord-Est) et Bondoukou (Nord-Est). Ces localités bénéficient d'une alternance de saison sèche (novembre à mai) et de saison pluvieuse (juin à octobre), avec un indice pluviométrique compris entre 800 et 1400 mm. Les températures varient entre 22° C et 35° C. Les sols sont de types ferralitiques et ferrugineux [8]. Dans chaque localité des sites ont été choisis pour la collecte des données en fonction de la disponibilité de l'espèce.

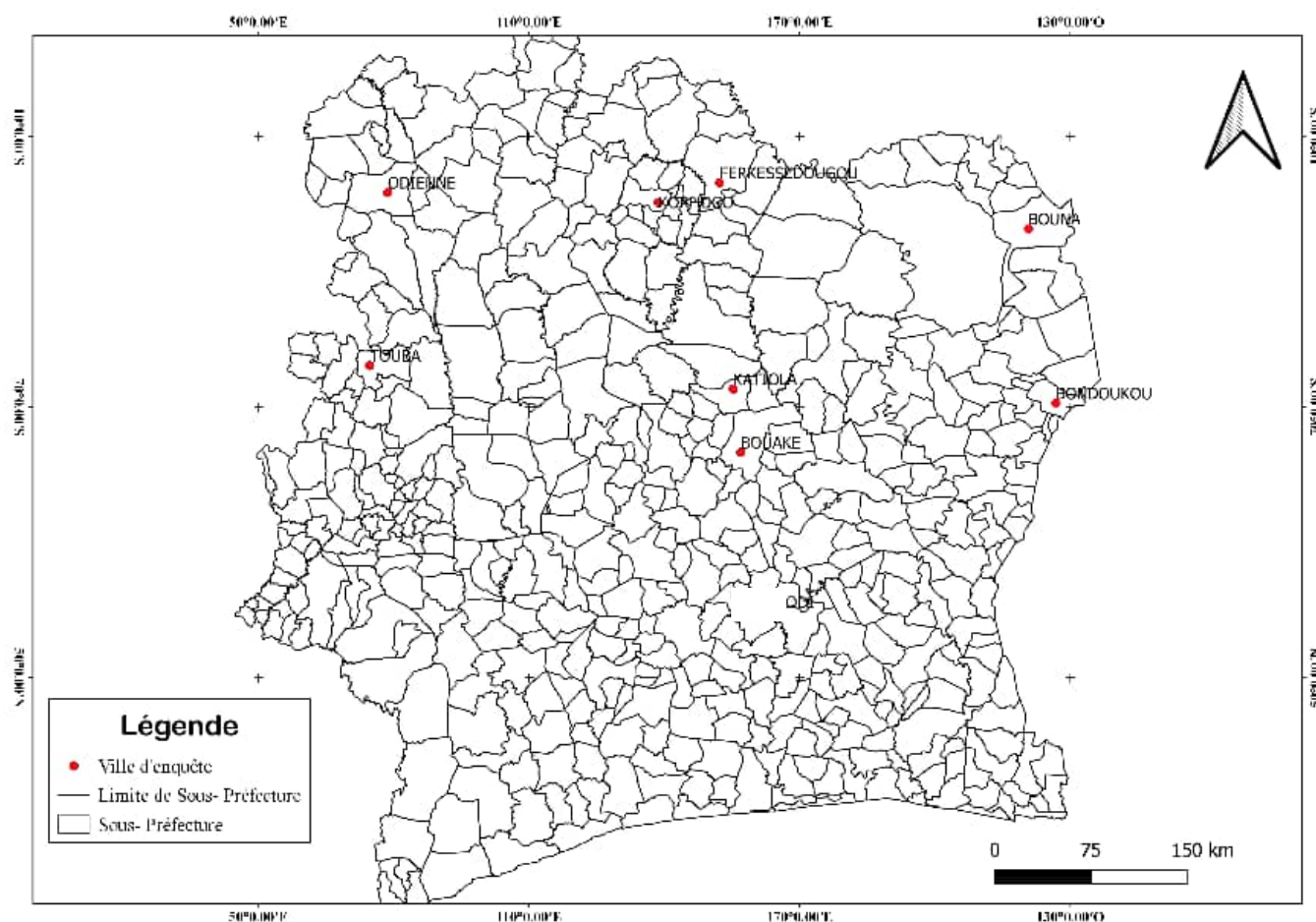


Fig. 1. Situation géographique des zones d'études

2.2 COLLECTE DES DONNÉES

La méthode d'inventaire itinérante (échantillonnage suivant des transects en bandes) a été adoptée pour la collecte des données [9], [10.] Dans chaque zone agroécologique choisie, deux transects linéaires ont été installés à l'aide d'un GPS. La largeur est de 200 m, soit 100 m de part et d'autre. La longueur du transect est variable selon les sites. Ainsi une distance de 1000 m était parcourue en moyenne par site. Cette approche permet d'inventorier suffisamment d'individus pour une estimation fiable de la densité et de la structure démographique [11] Les mesures effectuées portent sur les caractéristiques dendrométriques (circonférence à hauteur de poitrine, hauteur totale et hauteur fût) des individus de *Khaya senegalensis*. Les mensurations ont concerné les individus ayant un diamètre supérieur ou égal à 5 cm à 1,30 m du sol. Un mètre ruban de 16 mm de large et 2 m de longueur a servi à la mesure de la circonférence des arbres. La hauteur totale et celle du fût ont été estimées à l'aide d'une perche de référence. Le potentiel de régénération naturelle a été évalué par comptage des individus dont le diamètre est inférieur à 5 cm à 1,30 m du sol [12]. Les individus observés sont classés selon les différents modes de régénération dans 12 placettes de dimension 30 m x 30 m (900 m²) chacune par site. En vue d'estimer le degré d'exploitation de l'espèce, dans chaque transect les individus écorcés, coupés et émondés ont été recensés.

2.3 ANALYSE DES DONNÉES

2.3.1 CARACTÉRISTIQUES STRUCTURALES DE *KHAYA SENEGALENSIS*

A partir des données collectées sur le terrain, la densité moyenne des arbres, le diamètre moyen, la hauteur totale moyenne, la hauteur moyenne du fût et la surface terrière des arbres ont été calculés pour chaque zone agroécologique afin de comparer les peuplements.

La densité (D) qui désigne le nombre moyen d'individus par unité de surface a été estimée à l'hectare grâce à la formule suivante:

$$D = n / s$$

Avec n = nombre d'individus d'arbres par surface échantillonnée et s = surface échantillonnée en hectare.

La surface terrière (G), exprimée en m² / ha, est la somme des sections transversales de tous les individus d'arbres d'un relevé à 1,30 m au-dessus du sol [13]. Elle est estimée selon la formule:

$$G = \sum (\pi d_i^2 / 4s)$$

Avec d_i le diamètre de l'individu, exprimé en mètres et s la surface couverte par le relevé, exprimée en hectares.

Les moyennes obtenues ont été soumises à une analyse de variance à l'aide du logiciel statistica 7.1 pour apprécier la significativité statistique des différences observées entre les localités. Cette analyse a été suivie d'un test de la plus petite différence significative (LSD de Fisher) au seuil de 5 % (p < 0,05) pour le classement des moyennes.

2.3.2 STRUCTURE DÉMOGRAPHIQUE DES PEUPEMENTS

Les arbres mesurés ont été regroupés en 11 classes de diamètre d'amplitudes 10 cm à partir d'un seuil de 5 cm. En ce qui concerne la classe des hauteurs, elles ont été rassemblées en 13 intervalles de classe à partir d'un seuil de 4 cm, avec une amplitude de 2 cm. Ces intervalles de classes ont permis de construire des histogrammes de distribution des classes de diamètre et de hauteur. Les histogrammes ont été ajustés à la distribution théorique de Weibull à trois paramètres (a, b et c) pour caractériser les structures observées à l'aide du logiciel Xlstat version 2021. Cette distribution se fonde sur la fonction de densité de probabilité définie par [13] et se présente sous la forme suivante:

$$F(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x-a}{b} \right)^{c-1} e^{-\left[\frac{x-a}{b} \right]^c}$$

où x est le diamètre des arbres, a est le paramètre de position (ou d'origine), b est le paramètre d'échelle ou de taille lié à la valeur centrale des diamètres ou hauteurs des individus du peuplement considéré et c le paramètre de forme lié à la structure en diamètre ou hauteur observée. La distribution peut prendre plusieurs formes (Tableau 1) selon la valeur du paramètre de forme [14].

Tableau 1. Différentes formes de la distribution de Weibull selon les valeurs du paramètre c

Valeur de c	Type de distribution et interprétation
c < 1	Distribution en « J renversé », caractéristique de peuplements multispécifiques et inéquiens.
c = 1	Distribution exponentiellement décroissante, caractéristique des populations en extinction.
1 < c < 3,6	Distribution asymétrique positive, caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faibles diamètres.
c = 3,6	Distribution symétrique (structure normale, caractéristique des peuplements équiennes ou monospécifiques de même cohorte.
c > 3,6	Distribution asymétrique négative, caractéristique des peuplements monospécifiques à dominance d'individus âgés.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES STRUCTURALES DES PEUPEMENTS

Le tableau 3 présente les caractéristiques structurales de l'espèce *Khaya senegalensis* dans différentes localités. Pour ce qui concerne la densité, les valeurs consignées dans le tableau révèlent que Odienné regorge en moyenne plus d'arbres à l'hectare (10,20) par rapport aux autres zones agroécologiques. Les faibles densités ont été obtenues dans les localités de Korhogo (3,13 arbres/ha) et de Bondoukou (3,66 arbres/ha). Aussi, les peuplements de Korhogo et de Bondoukou abritent les tiges de petits

diamètres. Les diamètres moyens de 29,44 cm et de 32,43 cm ont été obtenus respectivement à Korhogo et à Bondoukou. Les individus observés à Odienné et Touba présentent les plus gros diamètres avec respectivement 50,36 cm et 49,62 cm en moyenne. Les plus fortes valeurs moyennes en ce qui concerne la hauteur totale, la hauteur du fût et la surface terrière des arbres ont été obtenues au niveau des peuplements de Touba et Odienné. La hauteur totale moyenne est de 17,36 m à Touba avec une hauteur moyenne du fût estimée à 7,50 m. Dans la zone agroécologique d'Odienné, la hauteur moyenne est de 16,66 m avec une hauteur moyenne du fût estimée à 6,15 m. La surface terrière est de 3,57 m²/ha dans la localité d'Odienné et de 2,30 m²/ha à Touba. Les peuplements de Korhogo comportent les spécimens à faibles surface terrière (0,24 m²/ha). Aussi dans cette même localité la valeur de la hauteur moyenne du fût reste la plus faible (3,45 m). Quant à la plus faible hauteur totale moyenne, elle a été obtenue dans la zone de Katiola avec une valeur de 12,14 m. Les valeurs moyennes des paramètres structuraux enregistrés sur les spécimens des peuplements de *Khaya senegalensis* diffèrent significativement ($P < 0,05$) d'une zone agroécologique à l'autre.

Tableau 2. Moyennes des caractéristiques structurales évaluées chez *Khaya senegalensis* dans 8 localités

Localités	Nbl	Densité (pieds/ha)	Diamètre moyen (cm)	Ht (m)	Hf (m)	ST (m ² /ha)
Touba	102	6,00 ± 10,53 ^{ab}	49,62 ± 33,02 ^b	17,36 ± 7,67 ^b	7,50 ± 3,69 ^c	2,30 ± 0,06 ^b
Odienné	154	10,20 ± 11,93 ^b	50,36 ± 56,30 ^b	16,66 ± 7,24 ^b	6,15 ± 3,20 ^b	3,57 ± 0,04 ^c
Ferke	88	5,86 ± 6,65 ^{ab}	44,73 ± 28,17 ^{ab}	13,48 ± 6,13 ^a	3,80 ± 2,02 ^a	1,21 ± 0,02 ^{ab}
Korhogo	47	3,13 ± 7,33 ^a	29,44 ± 16,85 ^a	12,53 ± 4,67 ^a	3,45 ± 1,57 ^a	0,24 ± 0,01 ^a
Katiola	74	4,93 ± 8,50 ^{ab}	33,50 ± 16,97 ^a	12,14 ± 5,20 ^a	3,80 ± 2,15 ^a	0,50 ± 0,01 ^a
Bouaké	63	4,20 ± 9,16 ^a	36,86 ± 22,42 ^{ab}	13,66 ± 5,53 ^a	3,84 ± 1,79 ^a	0,58 ± 0,01 ^a
Bouna	112	7,33 ± 15,01 ^{ab}	40,70 ± 29,33 ^{ab}	12,68 ± 5,18 ^a	4,15 ± 2,45 ^a	1,41 ± 0,02 ^{ab}
Bondoukou	55	3,66 ± 7,76 ^a	32,43 ± 21,82 ^a	12,63 ± 5,67 ^a	4,24 ± 2,61 ^a	0,42 ± 0,01 ^a
Globale	695	5,66 ± 2,28	39,71 ± 7,95	13,89 ± 1,99	4,61 ± 1,43	1,27 ± 1,14
Pr	-	P = 0,0101	P = 0,0068	P = 0,0005	P = 0,0000	P = 0,0006

Nbl: nombre d'individus; **Ht:** hauteur totale; **Hf:** hauteur du fût; **ST:** surface terrière, **Pr:** probabilité. Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres sont statistiquement identiques.

3.2 STRUCTURE DÉMOGRAPHIQUE DES PEUPELEMENTS DE KHAYA SENEGALENSIS

3.2.1 STRUCTURE HORIZONTALE DES PEUPELEMENTS

La distribution observée des classes de diamètre des tiges de *Khaya senegalensis* montre une structure asymétrique positive pour toutes les localités. Cette structure caractérise les peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de petits diamètres. Les valeurs du paramètre de forme c de la distribution de weibull se situent entre 1 et 3,6 (figure 2). Au niveau de la zone de Touba, les arbres de diamètres compris entre 35 et 75 cm sont abondants, soit 64,08 %. Quant à la localité d'Odienné, ce sont les classes de diamètre comprises entre 25 et 75 cm qui renferment le plus grand nombre d'individu (67,38 %). Dans la zone agroécologique de Ferkessédougou, les arbres de diamètre compris entre 25 et 65 cm sont les plus représentés (66,09 %). Au niveau de cette même zone soudanienne, à Bouna les classes de diamètre comprises entre 15 et 45 cm rassemblent le plus grand nombre d'individus, soit 69,88 %. Les peuplements des localités de Korhogo, Katiola, Bouaké et Bondoukou sont dominés par les arbres de diamètre variant de 5 à 45 cm avec des proportions respectives de 74,68 %, 70,33 %, 66,82 % et 72,27 %. Cependant les arbres de diamètre supérieur à 95 cm sont quasiment absents parmi les peuplements de Korhogo, Katiola et Bouaké.

3.2.2 STRUCTURE VERTICALE DES PEUPELEMENTS

La distribution en classes de hauteur des arbres révèle dans l'ensemble la prédominance d'individus jeunes de hauteurs moyennes (figure 3). Dans la zone agroécologique de Touba, la structure verticale est caractérisée par une abondance des spécimens issus des classes comprises entre 16 et 28 m, soit 64 % des individus. Les arbres variant de 10 à 20 m de hauteur sont les plus répandus dans la localité d'Odienné avec une proportion de 60,39 %. Quant aux peuplements de Ferkessédougou, les classes de hauteur allant de 4 à 18 m renferment le plus grand nombre de tiges et représentent 81,94 % de l'effectif des arbres inventoriés. Par contre, à Korhogo les peuplements abritent plus d'arbres appartenant aux classes de hauteur comprises entre 4 et 12 m (80,89 %). Aussi à Korhogo, on note une absence des spécimens de hauteur supérieurs à 22 m. Au niveau des localités de Katiola et Bondoukou, les classes de hauteur des arbres qui se situent entre 4 et 16 m regroupent le plus grand nombre d'individus avec respectivement des proportions de 81,14 % et 80,11 %. Quant aux localités de Bouna et Bouaké, les classes de hauteur

comprises entre 4 et 14 m sont les plus abondants. La représentativité de ces individus prédominants en termes de proportions est de 76,13 % à Bouaké et 74,08 % à Bouna. Par ailleurs, les arbres de hauteur supérieur à 26 m sont quasi absents dans les localités de Katiola, Bouna, Bouaké et Bondoukou.

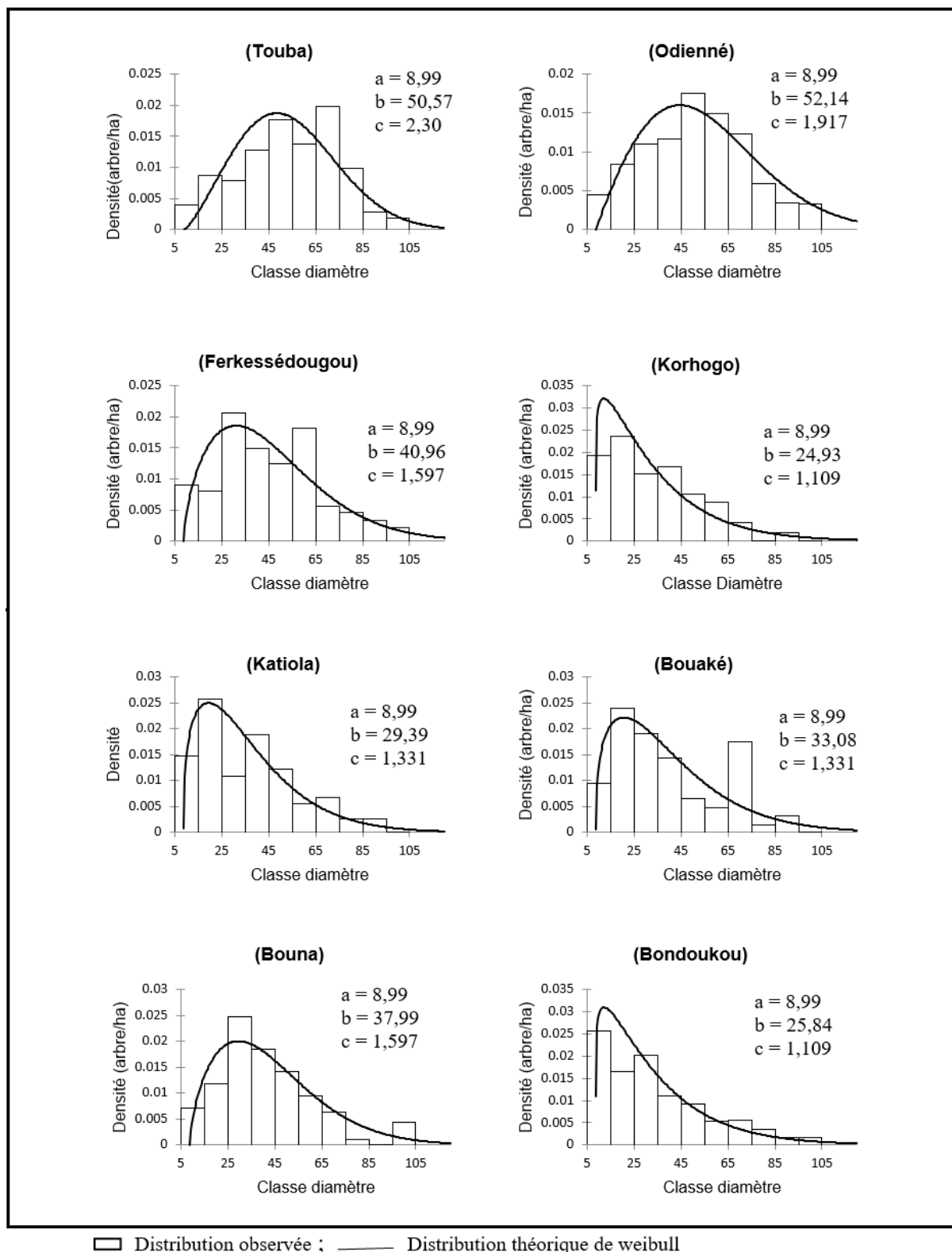


Fig. 2. Structure horizontale dans les huit localités

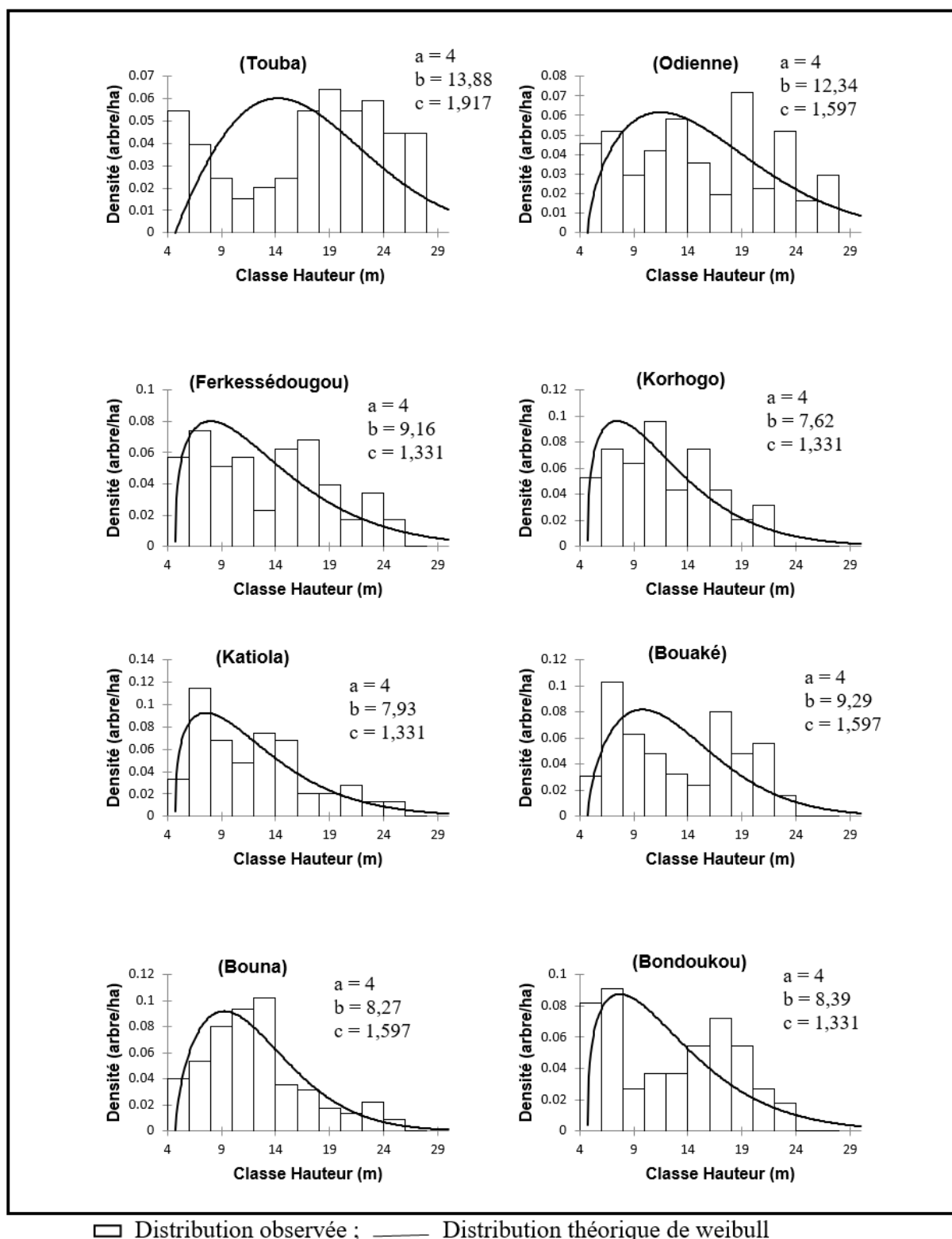


Fig. 3. Structure verticale des individus dans les huit localités

3.3 POTENTIALITÉS DE RÉGÉNÉRATION NATURELLE

L'analyse du tableau III montre que l'espèce *Khaya senegalensis* se multiplie dans son habitat naturel à travers les semis naturels, les rejets de souches et par drageon. Les semis naturels sont les plus répandus avec des valeurs de densités

statistiquement différentes ($P < 0,05$) d'une localité à l'autre. Ainsi, la plus forte valeur a été obtenue dans la localité de Touba (16,67 jeunes plants / ha). Le nombre de jeunes plants/ha issus des rejets de souches varie de 1,23 à 3,70. Cette forme de multiplication montre des valeurs statistiquement similaires ($P > 0,05$) et représente la seconde voie de régénération naturelle de *Khaya senegalensis*. Les drageons n'ont été observés que dans quatre localités (Touba, Odienné, Ferkessédougou et Bouna) avec de très faibles densités allant de 0,62 à 1,85 jeunes plants/ha.

3.4 PRESSIONS ANTHROPIQUES

L'intensité des activités anthropiques telles que l'écorçage, l'émondage et les coupes sont consignées dans le tableau IV. A travers l'analyse du tableau, il ressort que l'écorçage de l'espèce est largement pratiqué avec un taux supérieur à 75 % dans toutes les localités. En ce qui concerne les coupes et l'émondage, les grandes proportions ont été obtenues dans la zone de Korhogo. Dans la localité de Korhogo, le taux de coupes est de 38,15 % et l'émondage de 12,76 %. Les faibles pratiques d'émondages et de coupes ont été observées dans la localité de Touba. Ainsi, cette zone agroécologique se caractérise par 2,94 % d'individus émondés et par 8,93 % d'individus coupés. Dans l'ensemble, l'intensité d'émondage est relativement faible contrairement à l'écorçage et aux coupes des individus d'arbres.

Tableau 3. Densité et pourcentage de régénération naturelle de *Khaya senegalensis* dans les différentes localités

Localités	Modes de régénération et densité (jeunes plants / ha et %)			Total
	Rejet de souche	Semis naturel	Drageon	
Touba	3,70 ± 0,48 (17,13 %)	16,67 ± 1,38 (77,18 %)	1,23 ± 0,32 (5,69 %)	21,6 (100 %)
Odienné	2,47 ± 0,54 (13,34 %)	14,20 ± 1,52 (76,67 %)	1,85 ± 0,38 (9,99 %)	18,52 (100 %)
Ferkessédougou	1,23 ± 0,32 (14,24 %)	6,79 ± 1,03 (78,59 %)	0,62 ± 0,23 (7,17 %)	8,64 (100 %)
Korhogo	1,85 ± 0,38 (24,97 %)	5,56 ± 0,70 (75,03 %)	0 (0 %)	7,41 (100 %)
Katiola	3,09 ± 0,57 (38,48 %)	4,94 ± 0,70 (61,52 %)	0 (0 %)	8,03 (100 %)
Bouaké	2,46 ± 0,38 (24,92 %)	7,41 ± 0,84 (75,08 %)	0 (0 %)	9,87 (100 %)
Bouna	1,85 ± 0,38 (15,77 %)	9,26 ± 0,92 (78,94 %)	0,62 ± 0,23 (5,29 %)	11,73 (100 %)
Bondoukou	3,09 ± 0,46 (27,81 %)	8,02 ± 0,91 (72,19 %)	0 (0 %)	11,11 (100 %)
Probabilité (P)	P = 0,8307	P = 0,0229	P = 0,2990	

Tableau 4. Proportions des types d'exploitations de *Khaya senegalensis* dans les localités

Localités	Ecorçage (%)	Emondage (%)	Coupes (%)
Touba	81,37	2,70	8,93
Odienné	78,57	4,55	15,38
Ferkessédougou	85,23	7,95	25,42
Korhogo	80,85	12,76	38,15
Katiola	82,43	2,94	26,73
Bouaké	88,89	4,76	33,33
Bouna	87,5	5,36	17,03
Bondoukou	76,5	5,46	25,68

4 DISCUSSION

4.1 CARACTÉRISTIQUES STRUCTURALES DES PEUPELEMENTS

Les caractéristiques structurales de l'espèce *Khaya senegalensis* en Côte d'Ivoire varient d'une zone à une autre. A l'analyse, la densité la plus élevée a été obtenue dans la localité d'Odienné (10,20 arbres/ha). Les plus faibles densités ont été observées à Korhogo (3,13 arbres/ha) et à Bondoukou (3,66 arbres/ha). En tenant compte des variations des facteurs climatiques et de la végétation en Côte d'Ivoire, ces trois zones agroécologiques sont situées dans la savane subsoudanienne [7]. Cela signifie que la différence en nombre d'individus d'arbres à l'hectare observée entre toutes les zones d'études pourrait être liée principalement aux activités anthropiques. En effet, les activités anthropiques (abattage sélectif, les défrichements agricoles et les feux de

brousse) telles que rapportées par plusieurs auteurs [6], [15] contribuent significativement à la diminution des individus au sein des peuplements. Aussi, l'intérêt socio-culturel que les populations locales manifestent vis-à-vis d'une plante conduit parfois à son exploitation abusive [16]. La densité globale observée (5,66 arbres/ha) au cours de cette étude est inférieure à celle obtenue dans les mêmes localités de Côte d'Ivoire par [10] (8,66 arbres/ha) pour *Pterocarpus erinaceus* jugé déjà surexploité. La faible densité de *Khaya senegalensis* dans son aire de répartition naturelle traduit la forte pression anthropique exercée sur l'espèce.

Les valeurs moyennes de diamètres et de hauteurs totales les plus élevées ont été obtenues à Odienné et Touba. Ces localités abritent la plupart des individus adultes. En revanche, les faibles diamètres et hauteurs totales ont été observés à Korhogo, à Bondoukou et à Katiola. Cela pourrait s'expliquer par la différence de pression anthropique au niveau des localités investiguées. A l'exception des populations de Touba et Odienné, les populations des autres localités manifestent peu d'intérêt à la protection de l'espèce. Selon nos interlocuteurs à Touba et à Odienné, l'intérêt ethnobotanique de l'espèce fait que la vente du bois sur pied est interdite par plusieurs familles pour le sciage. Ainsi, une telle gestion contribue à diminuer l'intensité de coupes des spécimens à gros diamètres. De même en plus des pressions humaines, les différences observées pourraient être dues aux conditions édaphiques et à la variation des saisons pluvieuses qui diffèrent d'une localité à une autre [17], [18]. L'étude réalisée par [19] sur *Khaya senegalensis* dans les savanes de l'Afrique subsaharienne a montré que le diamètre de l'arbre pouvait atteindre 2,5 m. Le diamètre moyen globale (39,71 cm) obtenu au cours des investigations montre la prédominance des jeunes individus dans les savanes de Côte d'Ivoire. La prédominance des individus jeunes démontre que l'espèce est effectivement surexploitée localement malgré son inscription sur la liste rouge par l'UICN [3].

4.2 STRUCTURE DÉMOGRAPHIQUE DES PEUPELEMENTS DE KHAYA SENEGALENSIS

L'ensemble des structures verticales et horizontales des peuplements naturels de *Khaya senegalensis* présentent une asymétrie positive ($1 < c < 3,6$). Ces distributions caractérisent une prédominance relative des individus jeunes ou de faibles diamètres. De telles distributions ont été observées par [20] sur *Detarium senegalense* au Bénin et par [18] pour *Khaya anthotheca* dans les concessions forestières du Sud-Ouest de la République Centrafricaine. Hormis les localités de Touba et Odienné, la répartition des individus en classe de diamètre est caractérisée par une décroissance du nombre d'individus de petits diamètres au profit des gros diamètres. Cela traduit le nombre élevé de jeunes arbres. En ce qui concerne la distribution en classe de hauteur, les structures révèlent un grand nombre d'individus de tailles moyennes. La prédominance des jeunes arbres montre une évolution positive des peuplements où le renouvellement est assuré [10]. Aussi, les structures observées témoignent du prélèvement sélectif des arbres de plus gros diamètres. Par ailleurs, l'absence constatée des arbres de gros diamètres (> 95 cm) dans certaines localités (Korhogo, Katiola et Bouaké) pourra causer à long terme un problème de régénération des peuplements de ces zones. En effet, la faible densité des individus matures d'une espèce entraîne à long terme un problème de renouvellement de son habitat naturel par manque de graines [21].

4.3 RÉGÉNÉRATION NATURELLE

La présente étude a révélé trois modes de régénération de *Khaya senegalensis* dans son habitat naturel. Il s'agit des rejets de souches, du semis naturel des graines et la multiplication par drageon. Le semis naturel représente le mode de régénération préférentiel de l'espèce. Ces résultats montrent une bonne aptitude de l'espèce à se régénérer par les graines. Cela confirme les meilleurs taux de germination des graines de *Khaya senegalensis* observés au cours des essais réalisés par [22]. Ces auteurs ont obtenu des taux supérieurs à 90 % dans deux différentes localités en Côte d'Ivoire. Les modes de régénération (rejet de souche, semis naturel et drageon) observées laissent supposer que *Khaya senegalensis* serait un bon candidat dans les programmes d'agroforesterie et de reboisement. Ces modes de multiplication ont été observés par [20] chez *Detarium senegalense* au Bénin et par [10] sur *Pterocarpus erinaceus* en Côte d'Ivoire. Malgré la faculté de l'espèce à se régénérer par différentes modes, la densité de régénération reste faible dans la plupart des localités. Ce constat pourrait s'expliquer par la forte exploitation des arbres de gros diamètres.

4.4 PRESSIONS ANTHROPIQUES

Les individus de *Khaya senegalensis* sont entièrement coupés ou le plus souvent mutilés (écorçage et émondage). Les proportions d'arbres écorcés sont plus importantes dans les zones investiguées. L'écorce est sollicitée par les populations pour ses propriétés médicinales. Cela entraîne l'écorçage accru des arbres par les populations. L'utilisation des feuilles pour la nutrition animale conduit à l'émondage des arbres pendant la saison sèche par les éleveurs. Ces intenses mutilations des arbres seraient à l'origine de la faible densité de régénération de l'espèce dans son habitat naturel. En effet, le mode de prélèvement et l'intensité de prélèvement d'une plante entraînent généralement un problème de régénération de celle-ci [23]. Par ailleurs l'excellente qualité du bois conduit à son abattage excessif. Le bois est utilisé comme bois d'œuvre (ébénisterie et Construction), de service

(confection de tam-tam, piliers, mortiers) et énergie (bois de chauffe et charbon). Ces diverses pressions humaines exercées sur les individus de *Khaya senegalensis* impactent négativement les caractéristiques structurales et la régénération de l'espèce dans son milieu naturel.

5 CONCLUSION

La présente étude montre dans l'ensemble une faible densité de *Khaya senegalensis*. Les peuplements sont caractérisés par une abondance de jeunes individus. La densité la plus élevée a été obtenue dans le Nord-Ouest à Odienné. Outre la densité, les fortes valeurs moyennes de diamètre, de hauteur totale, de hauteur de fût et de surface terrière ont été observées également dans le Nord-Ouest à Touba et à Odienné. Le peuplement se reconstitue à partir des semences. Cela indique que les graines peuvent être utilisées pour la production massive des pépinières dans le cadre d'une sylviculture. Les variations observées entre les peuplements sont dues en partie aux facteurs climatiques mais aussi aux pressions humaines intenses telles que l'écorçage, l'émondage et l'abattage. La sensibilisation des populations sur le prélèvement rationnel et l'introduction de l'espèce en agroforesterie est indispensable pour freiner la dégradation perpétuelle des peuplements naturels en Côte d'Ivoire.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de ce manuscrit remercient l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) pour l'appui financier. Ils expriment leur gratitude également à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

REFERENCES

- [1] Tahirou S.I., Chaibou I., Ngom D., Moussa H. & Banoin M. (2016). Perception paysanne des à cime fermée dans les agrosystèmes de Gaya: Terroir villageois de Tanda (république du Niger). *Journal des biosciences appliquées*, 106: 10309 – 10319.
- [2] Sokpon N. & Ouinsavi C. (2004). Gestion des plantations de *Khaya senegalensis* au Bénin. *Bois et Forêts des Tropiques*, 279 (1): 37 - 46.
- [3] UICN. (1998). The IUCN Red List of Threatened Species, *Khaya senegalensis* (African mahogany) <http://www.iucnredlist.org/details/32171/0>. (Consulté le 26 Mars 2022).
- [4] Adjahossou SGC., Yaoitcha A., Houehanou DT., Gouwakinnou GN., Sode Al., Houinato M., & Sinsin B. (2018). Favorable conservation habitats of *Khaya senegalensis* in Benin. Data sheets. National Library, Benin, 12 p.
- [5] Silué PA., Koffi KAD., Koffi AB & Kouassi KE. (2021). Essais de germination et suivi des performances de croissance des plants de *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss., en zone soudanienne (Côte d'Ivoire). *Journal of animal & plant sciences*, 48 (2): 8673 – 8685.
- [6] Garba A., Amani A., Dourma S., Sina AKS. & Mahamane A. (2020). Structure des populations de *Tamarindus indica* L. dans le Sud-Ouest du Niger. *International Journal Biological & Chemical sciences*, 14 (1): 126 – 142.
- [7] Guillaumet JL. & Adjanohoun E. (1971). La végétation de la Côte d'Ivoire. In: Avenard J.-M., Eldin M., Girard G., Sircoulon J., Touchebeuf P., Guillaumet J.-L., Adjanohoun E., Perraud A. (éds). *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. Paris, France, Orstom, Mémoires Orstom, n° 50, 156-263. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes_6/Mem_cm/16368.pdf
- [8] Soro G. E., 2011. Modélisation statistique des pluies extrêmes en Côte d'Ivoire. Thèse unique, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire, 173 p.
- [9] Ouattara D., Kouamé D., Tiebre MS., Cissé A. & N'guessan KE. (2016). Biodiversité végétale et valeur d'usage des plantes en zone soudanienne du Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of animal & plant sciences*, 31: 4815 - 4830.
- [10] Goba, AE., Koffi, KG., Sie, RS., & Koffi, YA. (2019). Structure démographique et régénération naturelle des peuplements naturels de *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae) des savanes de Côte d'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques*, 341 (3): 5 – 14.
- [11] Rabiou H. Bationo., B.A., Segla KN., Diouf A., Mahamane A., Adjonou K., Kokou K. Kokutse., A.D. & Saadou M. (2015). Structure des peuplements naturels de *pterocarpus erinaceus* Poir. dans le domaine soudanien, au Niger et au Burkina Faso. *Bois et forêts des tropiques*, 325 (3): 71-83.
- [12] Segla, KN., Adjonou, K., Radji, AR., Kokutse, AD., Kokou, K., Habou, R., Kamana, P., Bationo, BA., & Mahamane, A. (2015). Importance socio-économique de *Pterocarpus erinaceus* Poir. au Togo. *European Scientific Journal*, 11 (23): 199-217.
- [13] Rondeux J. (1999). La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Gembloux, Belgique, Presses agronomiques de Gembloux, 522 p.

- [14] Husch B., Beers TW., Kershaw JA. (2003). Forest Mensuration. Hoboken, NJ, USA, John Wiley, 4th edition, 443 p.
- [15] Traoré L., Sambaré O., Savadogo S., Ouedraogo A. & Thiombiano A. (2020). Effets combinés des facteurs anthropiques et climatiques sur l'état des populations de trois espèces ligneuses vulnérables. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14 (5): 1763-1785.
- [16] Kebenziko AB., Wala K., Dourma M., Atakpana W., Dimobe K., Pereki H., Batawila K. & Akpagana K. (2014). Distribution et structure des parcs à *Adansonia digitata* L. (baobab) au Togo (Afrique de l'Ouest). *Afrique Science*, 10 (2): 434 – 449.
- [17] Houèthégnon T., Gbèmavô DSJC., Ouinsavi C., Sokpon N. (2015). Caractérisation structurale des populations de *Prosopis africana* (Guill., Perrott., et Rich.) Taub au Bénin. *International Journal of Forestry Research*, 9: 1- 9.
- [18] Deguene B., Touckia GI., Yongo OD. & Loumeto JJ. (2020). Caractérisation structurale des naturels de *Khaya anthotheca* (Welw.) C.DC dans concessions forestières du Sud-Ouest de la République Centrafricaine. *International Journal of Biological & chemical sciences*. 14 (7): 2491 – 2505.
- [19] Nikiema A. & Pasternak D. (2008). *Khaya senegalensis* (Desr.) A.Juss. In: Louppe D., Oteng-Amoako A.A. & Brink M. *PROTA (Plant Resources of Tropical Africa)*. Edition PROTA Network Office Europe, Wageningen, (Netherlands): 1-8. <http://www.prota4u.org/search.asp>. Consulté le 11 Avril 2022.
- [20] Dossa BAK, Gouwakinnou GN., Sourou BN., Houetchegnon T., Wedjangnon AA. Odjrado BK & Ouinsavi C. (2019). Caractérisation structurale des peuplements naturels de *Detarium senegalense* J.F. Gmel. (Caesalpiniaceae) au Bénin, Afrique de l'Ouest. *Revue Africaine et Malgache de Recherches Scientifiques*, 07 (00).
- [21] Mapongmetsem PM., Nkongmeneck BA., Rongoumi G., Dongock DN., Dongmo B. (2011). Impact des systèmes d'utilisation des terres sur la conservation de *Vitellaria paradoxa* Gaerten. F. (Sapotaceae) dans la région des savanes soudano-guinéennes. *International Journal. Environment*, 68 (6): 851-872.
- [22] Adjé BI., Akaffou SD., Kouassi, KH., Houphouët YP., Duminil J. & Sabatier S. (2020). Influence of Different Environments on Germination Parameters and Seedling Morphology in *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. (Meliaceae). *American Journal of Plant Sciences*, 11: 1579 – 1600.
- [23] Gaoué, OG. & Ticktin T. (2007). Patterns of harvesting foliage and bark from the multipurpose tree *Khaya senegalensis* in Benin: variation across ecological regions and its impacts on population structure. *Biodiversity Conservation*, 137: 424-436.

Activité physique et prévention des Maladies Chronique Non Transmissible (MCNT) en Côte d'Ivoire: Le cas de la ville de Daloa

[Physical activity and prevention of Chronic Non-Communicable Diseases (MCNT) in Côte d'Ivoire: The case of the city of Daloa]

N'DA Mian Jacques

Doctorant, Laboratoire des Sciences de la Communication, des Arts et de la Culture, UFR Information, Communication et Arts, département de Communication, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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: Chronic Non-Communicable Diseases (MCNT) are responsible for many disabilities in Côte d'Ivoire, particularly in the city of Daloa. Faced with this phenomenon, a program to promote physical activity has been initiated to fight against this disease. However, the implementation of this program has failed because this disease is still relevant. The objective of this study is to evaluate the impact of the physical activity promotion program in the prevention of MCNT in Daloa. From a quantitative study through documentary research and interview and the theory of the flow in two stages, the study notes that the failure of adoption of a new behavior of the population to the practice of physical activity in the prevention of MCNT results from the inadequacy of the channels, the supports and the weak communication messages of the actors of the program.

KEYWORDS: Physical activity, prevention, prevention of chronic non-communicable diseases, Daloa.

RESUME: Les Maladies Chroniques dites Non Transmissibles (MCNT) sont responsables de nombreux invalidités en Côte d'Ivoire plus particulièrement dans la ville de Daloa. Face à ce phénomène, un programme de promotion de l'activité physique a été initié pour lutte contre cette maladie. Cependant, la mise en œuvre de ce programme connaît un échec en raison que cette maladie reste encore d'actualité. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact du programme de promotion de l'activité physique dans la prévention des MCNT à Daloa. A partir d'une étude quantitative à travers la recherche documentaire et d'entretien et la théorie du flux en deux temps, l'étude relève que l'échec d'adoption d'un nouveau comportement de la population à la pratique de l'activité physique dans la prévention des MCNT résulte de l'inadaptation des canaux, des supports et le faible messages de communication des acteurs du programme.

MOTS-CLEFS: Activité physique, prévention, prévention des Maladies Chroniques non Transmissibles, Daloa.

1 INTRODUCTION

La pratique de l'activité physique est fortement encouragée de nos jours. Ses effets bénéfiques sur la santé ont été démontrés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), qui a d'ailleurs recommandé une pratique régulière tout au long de la vie. Les politiques internationales et nationales ont alors pris le relais afin de faire passer le message aux populations quelques soient leurs âges, leurs genres, leurs cultures, leurs religions et leurs catégories sociale et professionnelle. La pratique de l'activité physique, selon les recommandations (OMS, 2010), permet le maintien ou une amélioration de la santé pour tous.

Les Activités Physiques sont passées, en moins d'un siècle, d'activités confidentielles, à un fait de société difficilement contournable dans la vie quotidienne de l'homme (Laure et Falcoz, 2004) ¹. Vu les rôles qu'on lui attribue, le sport dans son ensemble est devenu un besoin fondamental et vital dans la construction des sociétés, dans tous les domaines qui soient. Une des questions fondamentales du développement demeure la qualité des ressources humaines, acteur du développement. La pratique de l'activité physique est la garantie des ressources. Cette pratique doit être un droit fondamental pour tous, hommes et femmes de tout âge dans le monde entier. En Côte d'Ivoire les maladies chroniques non transmissibles constituent un réel problème de santé publique. Le taux de prévalence des maladies métaboliques chroniques en Côte d'Ivoire est de 80 % selon l'OMS (2014)².

Face à la menace que représentent les MCNT, et vu que leur infection est due aux habitudes alimentaires et à la sédentarité des populations, l'État ivoirien à travers le ministère de la santé et des sports sensibilise les populations sur les bonnes pratiques à adopter pour éviter les MCNT. Cependant, malgré les avantages qu'offre la pratique de l'activité physique, le taux de sédentarité reste élevé soit 80%. Ce qui est la cause de nombreux décès. Ainsi, selon le rapport de l'OMS, les MCNT occasionnent le décès de plus de 36 millions de personnes dans le monde. Près de 80% des décès dus aux MCNT, soit 20 millions se produisent dans les pays à faible revenu ou intermédiaire. Aussi, plus de 9 millions de décès attribués aux MCNT surviennent avant l'âge de 60 ans.

En Côte d'Ivoire, les maladies cardio-vasculaires notamment l'hypertension artérielle (HTA) a été relevée chez 33.4% de la population de plus de 25 ans selon l'observatoire mondial de la santé, 2014. La situation de sédentarité en Côte d'Ivoire est liée à celle de la situation mondiale. Selon l'enquête STEPS (plan d'action intégré de prévention et de prise en charge des maladies chroniques non transmissibles en Côte d'Ivoire 2015-2019), il y a une augmentation continue des populations aux facteurs de risques communs de maladies non transmissibles. En effet, les MCNT risquent d'affecter un nombre important de personnes dans les années avenir.

Face à cette situation préoccupante, l'État de Côte d'Ivoire à travers le ministère en charge de la santé a décidé d'élaborer et de mettre en place une stratégie de communication intégrée de prévention et de prise en charge des maladies chroniques non transmissibles par la pratique de l'activité physique. De même, des actions de sensibilisation sont entreprises par le Programme National des Maladies Non Transmissibles (PNPMNT) qui est chargé de cette lutte.

L'activité physique intervient dans la vie des populations ivoiriennes lorsque cela est motivé par une contrainte. L'importance du sport pour la santé n'est pas bien perçue par celles-ci. Elles pratiquent l'activité physique et sportive lorsqu'elle est recommandée par un médecin ou par simple loisir (20% nationale de pratique à mentionner). Les jours favorables à la pratique des activités physiques sportives à savoir les jours fériés, les populations semblent plus préoccupées par des activités de détente (plages, buvettes) et voyages (funérailles ou visites familiales). Selon la FIRAP, le taux de 20% discipline imposée par le programme éducatif une heure ou deux par semaines.

Au niveau professionnel, la plupart des travailleurs sont sous l'emprise des tâches professionnelles au point de ne pas trouver de temps pour la pratique sportive. Vue l'ampleur des MCNT en Côte d'Ivoire, la pratique de l'activité doit être encouragée. Malheureusement, les espaces réservés à la pratique d'activité physique sont en nombre insuffisant. De plus, la pratique d'activités physiques n'est pas dans le comportement de bon nombre d'ivoiriens malgré les efforts de communication entrepris par l'État à travers les Ministères du sport et de la santé. Malgré les efforts fournis par l'État en vue de réduire les MCNT par la pratique de l'activité physique régulière, la question de sédentarité demeure préoccupante. C'est pour cette raison, que cet article cherche à mesurer l'effet des campagnes de sensibilisation des acteurs à travers les canaux de communication en matière de la pratique de l'activité physique chez la population de Daloa comme moyes de lutte contre les MCNT.

2 MÉTHODE

L'étude a été menée dans le département de Daloa, une ville du centre-ouest de la côte d'ivoire, chef-lieu du département de la région du Haut-Sassandra ou elle couvre une superficie de (38,76km²) et située à 141km de Yamoussoukro la capitale politique et à 383km d'Abidjan la capitale économique. Elle compte 591633 habitants lors du dernier recensement, c'est la 3^e

¹ LAURE, Patrick. FALCOZ, Marc. Sociologies: l'essentiel en sciences du sport, Paris, ellipses, 2004, 192 p.

² OMS, Rapport 2014 sur la situation mondiale des maladies non transmissibles

ville la plus peuplée après Abidjan et Bouaké. La ville Daloa est limitée au nord par les villes de Vavoua et de Zuénoula, à l'ouest par la ville de Zoukougbeu, à l'est par la ville de Bouaflé et au sud par la ville d'Issia.

Daloa est une métropole qui attire beaucoup de population due à sa situation géographique et économique. Du point de vue infrastructure, la ville regorge plusieurs infrastructures dans les domaines de voirie, d'administration, de santé, d'éducation, de commerce et de sport. On y trouve également une Université (Université Jean Lorougnon Guédé), plusieurs grandes écoles, des centres de formations, des lycées et collèges pour les formations de la population. Au niveau des infrastructures sportives, la ville dispose d'un stade Municipal de football, de plusieurs aires de sports collectifs (handball, basketball, volleyball) et des salles de gymnastiques et d'entretien. La population est composée d'autochtone Bété, à cette population s'ajoute les diverses ethnies de la côte d'ivoire et les étrangers (CEDEAO et hors CEDEAO), avec des pratiques et croyances sensiblement différentes.

Les données collectées de cette étude ont été principalement sur la base de la recherche documentaire et des entretiens avec les populations (focus group, entretien individuel). Les personnes choisies ont été retenues par la technique de commodité sur la base de retenir maximum 60 personnes. L'analyse de ce travail s'est à l'aide d'aucun logiciel. Il a été réalisé à travers une analyse de contenu, car chaque répondant réagit selon son assentiment sur la question de l'activité physique dans la prévention des MCNT, leur connaissance, attitude et pratique.

3 THÉORIE

La théorie du « *flux en deux temps* » ou « *en deux étapes* » ou encore la théorie du « *two steps flow (of communication)* », développée par Elihu Katz et Paul Lazarsfeld a été retenue pour cette recherche. Dans leur recherche sur la sociologie des effets des médias, cette approche théorique a été rapportée par plusieurs auteurs qui se sont intéressés à l'étude des faits de communication. En effet, Le principe de cette théorie est qu'avant de toucher la grande masse, les messages diffusés dans les mass-médias touchent les leaders d'opinion. Francis Balle indique que suivant cette théorie, Les messages des médias atteignent d'abord de façon effective certaines personnes, plus attentives que les autres; ensuite ces « experts » de la sociabilité, ces guides d'opinion, transmettent l'information reçue dans le cadre des relations en face à face et à l'intérieur de groupes plus ou moins restreints. Ils sont un relais obligé entre les grands organes d'informations et le public. Cette théorie va en effet être utile dans le processus de changement dans l'adoption d'un changement de comportement positif de la population de Daloa à travers les diffusions de messages de sensibilisation par les medias de communication amener la populations à la pratique de l'activité physique pour leur bien-être en santé.

4 RÉSULTATS

Les résultats de la recherche présentés De cet article concernent la restitution des propos recueillis auprès des populations de Daloa. En effet, il s'agit d'une étude CAP c'est-à-dire, les connaissances, attitudes et pratique sur la pratique de activité physique comme moyens de prévention contre les MC NT.

4.1 AU NIVEAU DE LA CONNAISSANCE

L'activité physique est reconnue chez les populations pour représenter un facteur de protection pour la santé mentale et physique en population générale. Les bienfaits de l'activité physique (AP) sur la santé et la condition physique sont connus chez celles-ci. De nombreuses revues de la littérature, rapports et recommandations ont été publiés sur les bienfaits de l'AP à des fins de santé. Toute augmentation d'une AP, si elle est régulière, améliore la condition physique, l'autonomie, l'état de santé et la qualité de vie de la personne. Les effets délétères de l'inactivité physique et de la sédentarité sont bien démontrés. Les bénéfices pour la santé d'une AP régulière sont largement supérieurs aux risques liés à sa pratique pour la plupart des individus. Sur ce volet, nous avons pu retenir les propos suivants chez les populations de Daloa:

«...c'est la male bouffe de tout genre. C'est à dire une alimentation trop riche en termes des plats que nous consommons. Ces plats sont hyper riches en huile, soit trop salée soit trop sucré, c'est vraiment une désolation...»

« Par ailleurs, l'utilisation abusive des cubes Maggis dans les mets est une cause explicative »

«...cela montre justement une nette maladie par la majorité des ivoiriens à travers des maladies qu'on subit surtout à Daloa ici ».

Les politiques de promotion de l'AP sur ordonnance, développées depuis les années 2000 à l'international, permettent d'atteindre les personnes les plus éloignées de l'AP, c'est-à-dire les patients atteints de maladies chroniques, les personnes âgées fragiles ou en perte d'autonomie, les personnes en situation de handicap, les personnes dyscommunicantes et les

personnes précaires. Elles utilisent le lien de confiance existant entre les patients et leur médecin, pour les amener à adopter un changement de comportement plus actif et moins sédentaire. Elles utilisent l'ordonnance, prescription médicale écrite, qui est par elle-même un facteur fort de motivation et d'adhésion à l'AP. Tels sont les propos des enquêtés lors de nos enquêtes sur le volet de la connaissance des Maladies Chroniques Non Transmissibles et les Activités physiques:

« Les MCNT sont...comme une maladie métabolisme comme tout ce qui conduit à la production d'énergie au niveau de la cellule, et cette cellule est l'unité de la vie, ces maladies qui se ont donc en lien avec la production de cette énergie sont appelées les maladies métaboliques. Elles sont nombreuses et la principale est le diabète »

« Elles sont nombreuses et la principale est le diabète. Certains ont un caractère de santé publique dans tous les pays, pour faire face les Etats prennent des dispositions en créant un Ministère de la santé qui dispose des programmes de santé spécifique pour lutter contre ces maladies par ce qu'elles constituent des problèmes de santé publique pour la population. En côte d'ivoire ces maladies constituent un problème de santé publique pour lesquelles on a créé le programme national de lutte contre les maladies non transmissibles a pour mission de lutter contre ces pathologies. Nous distinguons 5 pathologies: le diabète, l'hypertension, l'obésité, les troubles lipidiques et les problèmes de la thyroïdes »

En effet, selon nos entretiens avec les populations nous avons constaté le nombre de personnes qui sont victimes des maladies chroniques non transmissibles est élevé en Côte d'Ivoire surtout dans la ville de Daloa que les autres maladies comme VIH-SIDA, soit par négligence pour ceux qui sont allés à l'école et par méconnaissances pour les analphabètes. La majorité des enquêtés de la ville de Daloa ont une idée de ces maladies. Par ailleurs, ils nous définissent par mal les aspects des AP, les propos comme suit ont été retenus par nos répondants: *« on fréquente pour la plupart les centres de santé et les hôpitaux pas de chiffres », « les personnes instruites savent, cependant, une partie des personnes n'ayant pas fait les bancs n'ont pas d'idées »*. Vu la connaissance l'importance de l'AP dans l'éradication des MCNT par les populations de Daloa et que les gens ne la pratiquent pas, il est indéniable pour la communauté de l'activité physique d'accentuer les actions de communication afin que la population de cette ville soit pratique régulièrement l'activité physique et que celle-ci poursuive tout au long de la vie pour avoir et garder des effets bénéfiques sur la santé, la condition physique et l'autonomie de la personne. *« Les bénéfices d'une AP régulière se maintiennent tant que l'AP se poursuit »,* affirme un répondant. *« Les effets bénéfiques de l'AP disparaissent progressivement en 2 mois en cas de cessation complète de l'AP donc c'est à motivé aux populations »,* affirme un autre répondant. Au regard de la nette connaissance des MCNT et l'apport de l'AP pour pallier le problème de santé à travers les différentes définitions données, qu'en est-il de leurs attitudes ?

4.2 AU NIVEAU DES FACTEURS DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE COMME EFFICACITÉ DE RÉDUCTION DES PATHOLOGIES

La dispensation d'une activité physique adaptée a pour but de permettre à une personne d'adopter un mode de vie physiquement actif sur une base régulière afin de réduire les facteurs de risque et les limitations fonctionnelles liés à l'affection de longue durée dont elle est atteinte. Les techniques mobilisées relèvent d'activités physiques et se distinguent des actes de rééducation qui sont réservés aux professionnels de santé, dans le respect de leurs compétences. Les programmes d'activité physique adaptée (APA) font appel pour leur conception, leur organisation et leur supervision à des professionnels de l'APA. A ce sujet, le professionnel de l'AP adapte le programme à la pathologie chronique, à l'état de santé, à la condition physique et aux risques du patient. Un professionnel de santé nous affirme ceci:

« Un programme d'APA se compose habituellement de 48 séances, réparties habituellement sur une durée de 3 mois ou plus selon la situation clinique du patient et son évolution. La fréquence est de 2 à 3 séances par semaine ».

« Chaque séance dure de 45 min à 1 h, associant des exercices d'endurance aérobie et de renforcement musculaire, pour permettre d'obtenir les 150 min d'AP structurées par semaine d'intensité modérée ou leur équivalent d'intensité élevée et modérée, en plus et indépendamment des AP régulières quotidiennes du patient ».

Selon la pathologie ou l'état de santé ciblé, d'autres types d'exercices peuvent être associés, d'équilibre, de coordination, d'assouplissement ou respiratoires. Chaque séance est précédée par une phase d'échauffement et se termine par une phase de récupération. Nous pouvons retenir les propos suivants:

« La pratique de l'activité physique est l'élément central de la prise en charge des pathologies qu'elle gère que ce soit en cancérologie ou en gynécologie. Pour cela ils recommandent une activité physique régulière, de toutes les pathologies, car pour eux l'activité physique est le traitement à part entière de toutes les pathologies humaines. »

Les programmes d'APA ont démontré leur efficacité thérapeutique dans de nombreuses maladies chroniques, sur des facteurs de risque et pour le maintien de l'autonomie des personnes, seuls ou en association à des traitements médicamenteux ou non médicamenteux. Sur cette base, ces informations suivantes font référence :

« Nous les recommandons à pratiquer une activité physique régulière, de toutes les pathologies, l'activité physique est le traitement à part entière de toutes les pathologies humaines. Tous les spécialistes en médecine sont d'accord que la pratique de l'activité physique est l'élément central de la prise en charge des pathologies qu'elle gère que ce soit en oncologie ou en gynécologie »

L'exercice physique est une AP planifiée, structurée, répétitive dont l'objectif est l'amélioration ou le maintien d'une ou plusieurs composantes de la condition physique. À l'inverse des activités sportives, l'exercice physique ne répond pas à des règles de jeu et peut souvent être réalisé sans infrastructures lourdes et sans équipements spécifiques. Les exercices physiques peuvent être proposés au patient en fonction des faiblesses constatées à l'examen de sa condition physique. Ces exercices peuvent être, selon les cas, effectués en solo, ou supervisés par des éducateurs sportifs formés ou par des professionnels de l'APA, cela s'explique par les propos suivants :

« Nous sommes une fédération qui applique le programme social du gouvernement (PSV GOUV) est de mettre toute la population à pratiquer une activité physique donc c'est cette politique que nous suivons à savoir faire en sorte que l'ivoirien sache ce qu'il faut pour leur santé, voici la politique majeure du gouvernement que nous déroulons en allant vers les populations pour faire bouger afin d'améliorer leur santé ».

Ces propos donnent à voir que la pratique de l'activité physique par les comités d'organisation de la Fédération Ivoirien, font du développement du sport de masse notre cheval de bataille aux populations pour améliorer la santé. Nous retenons que la condition physique est la capacité générale à s'adapter et à répondre favorablement à l'effort physique.

« Elle a plusieurs dimensions: la capacité cardiorespiratoire (appelée aussi endurance); les capacités ou aptitudes musculaires (la force musculaire, l'endurance musculaire et la puissance musculaire); la souplesse (musculo-tendineuse et articulaire); les capacités ou performances neuromusculaires [équilibre, vitesse (allure) et coordination musculaire (agilité)]; et des composantes anthropométriques (poids, taille et pourcentage de masse grasse avec l'indice de masse corporelle et le périmètre abdominal) », explique un professionnel de l'activité physique.

Elle peut être évaluée par le médecin traitant à l'aide de mesures et de tests simples en environnement. Dans le cadre d'un parcours de santé structuré, la condition physique du patient est le plus souvent évaluée par un professionnel de l'AP. Qu'en est-il de la communication sur l'apport de l'activité physique comme moyen de lutte contre les MCNT par la communauté les professionnels ?

4.3 AU NIVEAU DE LA COMMUNICATION

La communication étant un moyen de promotion peut être servi par les fédérations sportives et les autres acteurs sportifs, sans référence à la notion de compétitions au plus près des personnes pour leur ajouter un plus à leur santé. La stratégie de communication pour augmenter la pratique des Activités physiques (AP) au sein de la population demeure d'actualité dans les politiques publiques de développement. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), il est estimé, à l'échelle planétaire, que le manque d'activité physique cause plus de 3,2 millions de morts par an (Margaritis, 2016; OMS, 2013). L'inactivité physique semble être le quatrième facteur de risque majeur de mortalité représentant plus de 20% des cas de diabète, de cancer et de problèmes cardiovasculaires (OMS, 2010).

L'OMS recommande 150 minutes d'Activités Physiques Aérobie (APA) par semaine pour les personnes âgées de 18 à 64 ans et au moins 60 minutes d'activités journalières pour ceux âgés de 5 à 17 ans (OMS, 2013). La pratique régulière de l'activité physique est salubre pour la santé. En effet, elle engendre une diminution d'environ 30% du risque de maladies cardiaques telles que, l'hypertension artérielle ou un accident vasculaire cérébral (AVC), du diabète de type 2, des cancers du sein et du colon, d'ostéoporose. (Warburton et al. 2010). De plus, elle réduit la sévérité des symptômes légers reliés à la dépression et l'anxiété (Rimer et al., 2012; Warburton et al. 2007). Cependant, (Fanning, Mullen et McAuley, (2012) soutiennent que moins de 25% des adultes et 40% des enfants et adolescents respectent les recommandations de l'OMS à travers le monde. La communauté scientifique et les services publics sont à la recherche des meilleures stratégies pour inciter les personnes à être plus actives (Margaritis, 2016). Ainsi, nous avons quelques verbatim des enquêtés :

« Nous...nous allons vers les populations en les organisant en groupement sportif, à cet effet nous avons formé des coaches pour pouvoir canaliser ces groupements afin de leur donner les bases de la pratique l'activité physique de façon contrôlée pour que cette pratique soit règlementée et sécurisée pour une meilleure maîtrise de

cette politique, nous avons créé à travers la côte d'ivoire des ligues (80 ligues) dans les départements et villes pour mieux suivre les groupements sportifs que nous avons mis en place »

« En termes d'action dans la pratique du sport, nos enquêtés nous ont répondu comme, nous ne parlons pas d'action menée sur le terrain mais plutôt en terme d'objectif, est ce que nous avons atteint nos objectifs c'est à dire de mettre la population ivoirienne au sport ou à pratiquer l'activité physique. Sinon nous avons une multitude d'actions car nous faisons beaucoup de randonnées sur le terrain à travers la côte d'ivoire par semaine sur toute l'année, nous avons aussi des randonnées groupées par région (les ligues) et la randonnée nationale qui regroupe toutes les ligues de côte d'ivoire dans une zone donnée »

Aussi, dans le but de sensibiliser la population sur l'importance de la pratique d'une activité physique et sportive d'entretien régulière, des campagnes télévisées et d'affichages ont été mises en place par les pouvoirs publics mais celles-ci semblent insuffisantes. En effet, l'intérêt des adolescents et des personnes âgées pour les outils numériques n'est plus à démontrer. C'est pourquoi, l'utilisation des « shorts Messages Systems » (SMS) permet d'augmenter le nombre de pratiquants des activités physiques (Robin, Laurent et Ruat, 2018).

L'envoi de SMS, comme un outil de promotion de la santé, est donc devenu la principale technique utilisée dans la recherche en mHealth (Morton, McGlory, et Phillips, 2015). Cette technique est basée sur l'idée que, pour les stratégies marketing, il est possible d'inciter les individus à changer leurs comportements à travers l'envoi de SMS (Cole-Lewis et Kershaw, (2010). L'efficacité de l'envoi de SMS, afin de promouvoir les activités physiques, a été mise en évidence dans plusieurs études (Fanning et al., 2012) et cette stratégie donne des retours positifs (Gerber et al., 2009):

« Nous avons une multitude d'actions car nous faisons beaucoup de randonnées sur le terrain à travers la côte d'ivoire pour aider les populations à améliorer leur état de santé par semaine sur toute l'année. Nous avons aussi des randonnées groupées par région (les ligues) et la randonnée nationale qui regroupe toutes les ligues de côte d'ivoire dans une zone donnée ».

« On organise des activités phares comme randonnée nationale. Au cours de ces activités nous organisons un concours entre tous les clubs pour décerner un trophée au club dont les membres auront résisté que les autres à travers le parcours »

Il ressort que des manifestations sont mises en œuvre au cours de laquelle on instruit les populations à la mauvaise alimentation ou à leur style de vie qui constitue un danger. Les distribuons de prospectus sont réalisés dans le but de les sensibiliser les populations à la pratique du sport pour réduire les maladies dites chroniques. Sans oublier l'apport de l'Etat dans la mise en place des programmes dans la lutte contre les maladies chroniques. Toutefois, d'autres enquêtés ont affirmé des propos contraires.

Pour moi le gouvernement ne communique pas assez car il existe au Ministère des sports une direction des sports masse qui a pour rôle la pratique des sports de masse, cette pratique de l'activité devrait répondre à l'objectif assigné à cette direction mais nous constatons qu'elle ne communique pas assez, raison ce rôle est laissé aux bénévoles et à des personnes qui se sont spécialisées dans ce domaine et qui font de ça une activité lucrative alors que nous connaissons le pouvoir d'achat des ivoiriens ce qui explique en partie le faible taux de la pratique de l'activité physique, alors le Ministère devrait pousser sa communication auprès des collectivités territoriales afin de relayer le message pour que tout le monde se sent concerner à cette pratique de l'activité physique »

« Le gouvernement doit sensibiliser les populations à la pratique de l'activité physique d'abord par la régularité de la diffusion des messages ensuite utiliser les canaux de communication approprié à chaque cible »

Pour eux, un grand problème est que les messages ont tendance à être généraux parce qu'on suppose qu'ils sont significatifs pour chacun ou, s'ils ciblent un groupe en particulier, ils ont tendance à supposer que l'auditoire est homogène; c'est-à-dire réceptif au message. Olson et Zanna (1987) laissent entendre que les messages pourraient avoir plus de succès s'ils ont une base théorique, s'ils sont stratégiquement persuasifs pour un auditoire en particulier, si l'information précise comment faire et si les particuliers ciblés ont l'occasion de prendre des mesures appropriées après la prestation du message.

A contrario, Parker et Ellis (2016) soutiennent que les messages électroniques diffusés via les téléphones portables sont efficaces pour augmenter les minutes d'AP aérobie chez les 8 personnes âgées. Ces auteurs renchérent que les médecins, les kinésithérapeutes et les entraîneurs personnels peuvent intégrer la mobile technologie dans leur pratique en utilisant des téléphones portables pour fournir des rappels, des informations et même des instructions pour les malades et les clients. Robin, Laurent et Ruat (2018) ont obtenu les résultats similaires à Antoine Parker et Ellis (2016). En effet, leurs études ont mis

en évidence que recevoir un SMS le matin (6 fois par semaine pendant 3 semaines), invitant à réaliser une APA, augmente de façon significative la durée moyenne hebdomadaire d'APA (de loisir).

De plus, une amélioration des temps de réalisation des 3 x 400 mètres est observée tout en étant supérieur lorsque les élèves reçoivent le SMS du matin que quand ils n'en ont pas reçu. L'utilisation des SMS est donc une stratégie efficace permettant de rendre les élèves plus actifs. Les résultats indiquent que plus de la moitié des enquêtés (71,2%) proposent qu'il faut améliorer la qualité de la sensibilisation. De façons pratiquent ils suggèrent: que la diffusion du message soit faite par tous les opérateurs au lieu d'un seul et même sur les réseaux sociaux (WhatsApp, Facebook); que les messages soient en fonction des groupes d'âges; c'est à dire selon les besoins spécifiques de pratiquants, que les messages soient plus motivants.

5 DISCUSSION DES RÉSULTATS

L'analyse des verbatim de nos enquêtés fait ressortir qu'au niveau de la connaissance et de la définition même des maladies, toutes les réponses vont dans le sens que c'est connue, sans en raison de nombreux décès qui surviennent. Et cela, nos enquêtés en ont bien précisés que nous avons analysés. Les différents extraits des entretiens montrent que les responsables enquêtés ont affirmé que les populations savent clairement ce que c'est les maladies chroniques et nous ont défini. Pour plus de précision de non informations recueillies, La Fédération Ivoirienne de Randonnée Pédestre et du bien-être pour tous (FIRAPE) est une structure d'utilité publique qui est chargée de la promotion et du développement de l'activité physique et sportive en occurrence la marche sous toutes ses formes. Elle est régie par la Loi N° 60-315 du 21 septembre 1960 relative aux associations et par la Loi N° 2014-856 du 22 décembre 2014 relative au sport.

La (FIRAPE) crée le 13 Juin 2015 à Abidjan par la volonté de 62 clubs, associations et groupement sportif ayant en commun la marche comme activité sportive principale et des disciplines associées et complémentaires. Elle regroupe en ce jour 188 clubs ayant en moyenne 200 personnes. Sa mission est de contribuer au bien-être des populations à travers la pratique de la marche avec ses disciplines associées et complémentaires.

Il faut toutefois noter que la réalisation des activités de la (FIRAPE) reste difficile à cause du déficit d'infrastructures sportives. La promotion de l'activité physique comme facteur de prévention des maladies chroniques non transmissibles (MCNT) passe nécessairement par sa pratique. La promotion de l'activité physique est à la charge du ministère des sports et des loisirs. Cependant, la pratique de l'activité par la population reste faible d'où la nécessité pour l'État Ivoirien de créer certaines fédérations comme la FITNES et la FIRAPE. En effet, le manque d'activité occasionne le développement de certaines maladies telles que le diabète, l'hypertension, l'obésité, les accidents cardiaques vasculaires (AVC) et bien d'autres maladies. En outre, il faut souligner que le manque de motivation des populations pour la pratique de l'activité physique est dû au manque d'informations liées au bien fait de la pratique du sport.

Au niveau des attitudes et pratiques de la population face à la pratique du sport avec les responsables du service médical, il ressort que l'activité physique de la (FIRAPE) concerne toute les populations de tout âge et de tout sexe. Elle est basée essentiellement sur la marche qui amène l'organisme à brûler des calories et à convertir les glucides, les graisses, et les protéines en énergies plus tôt qu'en réserves adipeuses. Cette marche régulière en gendre la bonne santé de la population. Aujourd'hui nous enregistrons l'adhésion de quelques clubs pour la pratique de cette activité physique.

Toutefois, il faut rappeler que son adhésion par les populations reste faible à cause du choix des canaux de communication utiliser pour informer et sensibiliser les populations sur les biens faits de l'activité physique. A cela s'ajoute, le manque de bénévoles pour l'encadrement technique pendant la pratique de l'activité.

Sur le plan de la communication, il faut souligner qu'il y a de véritables difficultés d'ordre communicationnel. Cela se justifie par le fait que le rythme de diffusion des messages de sensibilisations et d'informations sur la pratique de l'activité physique ne soient pas soutenus. Le choix des canaux de communication utilisé pour la sensibilisation des populations est l'une des causes de la faible adhésion des populations. Alors l'État doit diversifier les moyens de communication pour la sensibilisation et l'information des populations en utilisant les radios de proximités, la presse écrite, les affiches publicitaires.

De ce qui précède, Après nos entretiens avec le vice-président de la (FIRAPE) et le responsable du service médicale. Nous faisons ici la synthèse des résultats. La (FIRAPE) bien qu'elle soit constituée légalement, elle rencontre des difficultés au niveau des installations sportives. Malgré les activités mis en place par la (FIRAPE) pour améliorer la santé des populations ivoiriennes, leur participation aux activités physiques de la (FIRAPE) est faible à cause du manque de connaissance sur les biens faits de la pratique des activités physiques. En ce qui concerne les attitudes et pratiques des populations, nous constatons que peu nombre d'Ivoiriens s'adonnent à la pratique régulière des activités physiques. De plus, la communication faite pour valoriser la pratique des activités physiques comme facteur de prévention des (MCNT) en Côte d'Ivoire à travers les activités de la (FIRAPE) reste faible. Alors l'État par le biais du ministère des sports et loisirs doit diversifier les canaux de communication qui

constituent la difficulté majeure à la participation des populations ivoiriennes aux activités physiques. Outre l'État doit former des bénévoles qui seront mis à la disposition de la (FIRAPE) pour encadrer les participants aux différentes activités physiques.

6 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Enfin, à travers cet article nous avons apporté une contribution susceptible d'élucider un phénomène qui interpelle toutes les couches sociales dont la question de la lutte contre les MCNT chez les populations et la prise en mains active des acteurs de l'activité physique. Il ressort de nos investigations que la majorité des populations connaît les maladies chroniques non transmissibles. Malheureusement, en raison de l'insuffisance de communication pour le changement de comportement à la pratique de l'AP, à travers les médias et hors médias les populations sont majoritairement touchées par ces maladies. Les résultats obtenus montrent que majoritairement, les populations ont connaissance des MCNT. Par ailleurs, si les maladies persiste cela est dû à une insuffisance de message de sensibilisation des acteurs à travers les médias et hors médias engendrant leur attitude et pratique vis-à-vis de l'activité physique. En effet, il est important pour l'acteur de l'activité physique de proposer une stratégie de communication qui, à travers les médias et les hors médias, permettra aux populations de pratiquer l'activité physique comme moyens de lutte contre les MCNT, créer des espaces verts de sport, construire les établissements de formations à la pratique de l'activité physique. Ensuite, il faudra construire les salles dans les localités pour motiver les gens à la pratique de l'activité physique. Par ailleurs, il faudra organiser des événements en lien avec l'activité physique régulièrement. Sensibiliser les populations sur l'apport des événements socio-culturels comme moyen de lutte contre les MCNT et donc à perpétuer. Il faudra également former les bénévoles au profil des populations. Ainsi, il faudra pour un meilleur recouvrement national, diversifier le domaine de l'activité physique.

REFERENCES

- [1] Aptel E et al. (2007), Santé et modes de vie des élèves âgées de 11, 13 et 15 ans, Enquête HBSC en Lorraine.
- [2] Assemblée des Communautés de France, Portrait des intercommunalités rurales: périmètres, compétences et actions, AdCF - Observatoire de l'intercommunalité, décembre 2009.
- [3] Berthod-Wurmser M et al., (2009), *Pauvreté, précarité, solidarité en milieu rural*, rapport: tome 1, Inspection générale des affaires sociales, Conseil Général de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Espaces Ruraux, septembre.
- [4] Bureau régional de l'Europe, Organisation Mondiale de la Santé, Promouvoir l'activité physique au service de la santé: cadre d'action dans la Région européenne de l'OMS: Vers une Europe physiquement plus active, Conférence ministérielle européenne de l'OMS sur la lutte contre l'obésité, novembre 2006.
- [5] Cavill N et al. (2009), Activité physique et santé en Europe: informations au service de l'action, Organisation Mondiale de la santé.
- [6] BRETON. P, (2001), *L'argumentation dans la communication*, Paris, La Découverte et Syros, 127 p.
- [7] Danet S et al., (2011), L'état de santé de la population en France, Suivi des objectifs annexés à la loi de santé publique, Rapport, pp 150-153.
- [8] Escalon H et al., (2008), Baromètre Santé Nutrition, éditions INPES, chapitre Activité physique et sédentarité, pp 239-263.
- [9] Global Advocacy Council of Physical Activity, International Society for Physical Activity and Health, (2010), *La Charte de Toronto pour l'activité physique: un appel mondial à l'action*.
- [10] Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Activité Physique, (2008): *Contextes et effets sur la Santé, Expertise collective*, éditions Inserm.
- [11] Kino-Québec, (2000), L'activité physique, déterminant de la santé des jeunes, avis du Comité scientifique de Kino-Québec, Secrétariat au loisir et au sport, ministère de la Santé et des Services sociaux, Gouvernement du Québec.
- [12] Lucas V, Tonnellier F, (juin 1997), Les indicateurs de santé en milieux urbains et zones rurales aujourd'hui, actualité et dossier en santé publique n°19, pp 16-20.
- [13] Machard L, (2003), Sport, adolescence et famille, Constat, Rapport de propositions, Ministère des sports, Ministère délégué à la famille.
- [14] Ministère des Sports, (2012), L'offre d'équipements sportifs dans les territoires ruraux, Rapport final.
- [15] Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Santé, Programme National Nutrition Santé 2011-2015, juillet 2011.
- [16] Mucchielli R, (juillet 1993), Le questionnaire dans l'enquête psycho-sociale, partie connaissance du problème, 10ème édition, ESF édition.
- [17] LAMIZET. B (1997), et al Dictionnaire encyclopédique des Sciences de l'Information et de la Communication, Paris, ellipses édition, 590 p.

- [18] LAZAR.J (199), La Science de la Communication, Paris, PUF, QSJ Sociologie de la Communication de masse, Paris, Armand Colin, 240 p.
- [19] MAIGRET.É (2003), Sociologie de la communication et des médias, Paris, Armand Colin, 288 p.
- [20] N'DA. P (1999), Le drame démocratique africain sur scène en Côte d'Ivoire, Paris, L'Harmattan, 288 p.
- [21] Organisation Mondiale de la Santé, Glossaire de la promotion de la santé, Genève, 1999.
- [22] Oppert JM et al., Activité physique et santé (octobre 2005): arguments scientifiques, pistes pratiques, PNNS, Ministère de la Santé et des Solidarités.
- [23] Résolution du Parlement européen, Promouvoir une alimentation saine et l'activité physique: une dimension européenne pour la prévention des surcharges pondérales, de l'obésité et des maladies chroniques, 2007.
- [24] Rostan F, S, (2011), Promouvoir l'activité physique des jeunes; Elaborer et développer un projet de type Icaps, Dossier Santé en Action, éditions Institut National de Prévention et d'Education pour la Santé.
- [25] Rotureau J. et al., (2007)., Expertise Macadam Sport; Conseil Général de Moselle, Agence pour l'Education par le Sport.
- [26] TNS Opinion & Social. (mars 2010), Eurobaromètre 72.3: Sport et Activités Physiques, rapport, Commission Européenne.
- [27] Vuillemin.A, (2011), Le point sur les recommandations de santé publique en matière d'activité physique, Science et Sports P. 183-190.
- [28] WOLTON.D, (1998), *Penser la communication*, Paris, Flammarion, 402 p.
- [29] Bessette, G. (2004). *Communication et participation communautaire: Guide pratique de communication participative pour le développement*. Laval: Les Presses de l'Université de Laval Centre de recherches pour le développement International.
- [30] Bessette, G. (1996). La Communication Pour le Développement en Afrique de l'ouest et du centre: vers un agenda d'intervention et de recherche. Centre de Recherches pour le Développement International.
- [31] Koné, H., et al. (1995). Communication pour le développement de l'Afrique: vers de nouvelles perspectives. Abidjan: Presses Universitaires de Côte d'Ivoire.
- [32] BEAUD. M, (1989), *L'Art de la thèse*, Paris, La découverte, 156 p.
- [33] BEAUD (Stéphane) et WEBER (Florence), Guide de l'enquête de terrain, Paris, La Découverte, 1998, 327 p.
- [34] GRAWITZ. M, (1993), *Méthodes des Sciences sociales*, Paris, Dalloz, 870 p.
- [35] GAMI. A, (1985), « *L'entretien de groupe* ». L'entretien dans les Sciences sociales, Paris, DUNOD, p. 221-233.
- [36] KAUFMAN. J, (1996), *L'entretien compréhensif*, Paris, Nathan, 127 p.
- [37] MAFFESOLI.M, (1985), La connaissance ordinaire. Précis de Sociologie compréhensive, Paris, Méridiens, 260 P.
- [38] MUCCHIELLI. A et al, (2004), *L'analyse qualitative*.
- [39] MUCCHIELLI. A et al Dictionnaire des méthodes qualitatives en Sciences humaines, 2e édition, Paris, Armand Colin, 303 p.
- [40] N'DA. P, (2006), Méthodologie de la recherche, de la problématique à la discussion des résultats, Abidjan, EDUCI, 159 p.
- [41] POURTOIS. et al (1997), Épistémologie et instrumentation en sciences humaines, Mardaga, 235 p.
- [42] QUIVY. R et al, 1995, *Manuel de Recherche en Sciences sociales*, Paris, Dunod, 288 p.

Evaluation de la toxicité aiguë des extraits aqueux de deux espèces végétales couramment utilisées dans la pharmacopée ivoirienne contre le diabète

[Evaluation of the acute toxicity of aqueous extracts of two plant species commonly used in the Ivorian diabetes pharmacopoeia]

DOH Koffi Stéphane¹, TA Bi Irié Honoré², M. Yao Konan³, Aké-Assi Ablan Emma³⁻⁴, KOUAME N'guessan François¹, BORAUD N'takpé K. Maxime⁴, and N'GUESSAN Koffi⁴

¹UFR Sciences Médicales, Département Sciences et Techniques, Parcours Biosciences, Université Alassane Ouattara de Bouaké, Côte d'Ivoire

²UFR Ingénierie Agronomique Forestière et Environnementale (IAFE), Université de Man, Côte d'Ivoire

³U.F.R. Biosciences, Centre National de Floristique, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

⁴UFR Biosciences, Laboratoire des milieux naturels et Biodiversité, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY d'Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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: Traditional medicine uses many plants in the preparation of medicinal recipes for the treatment of human pathologies. These plants are thus indispensable to the existence of all living beings, because they provide all the necessary elements for their survival. Man, to ensure a daily well-being, uses plants in various fields including traditional medicine. The purpose of this work is to determine some toxicological parameters of the decoction of the leaves of *Vernonia colorata* (Asteraceae) and *Crescentia cujete* (Bignoniaceae) in order to control the dosage and prevent poisoning in the therapeutic use of these plants. The acute toxicity of aqueous decoction of these species was assessed following a process of orally administering raw decoctions to mice at increasing doses ranging from 6000 to 7500 mg/kg body weight (bw). Phytomedicines were used orally at different doses. The results obtained the solubility limit dose corresponding to the maximum tolerated dose or DTM of 6000 mg/kg and 7500 mg/kg respectively for *Vernonia colorata* and *Crescentia cujete*. This toxicological endpoint (maximum tolerated dose) is far greater than 21.04 and 100.33 mg/kg body weight of the daily doses recommended by traditional healers. Therefore, the doses prescribed by traditional healers are not toxic. The use of these plants under traditional conditions of preparation and oral administration against diabetes may be scientifically justified.

KEYWORDS: Traditional medicine, Phytomedicine, Acute toxicity, Toxicology.

RESUME: La médecine traditionnelle utilise de nombreuses plantes dans la préparation de recettes médicamenteuses pour le traitement de pathologies humaines. Ces plantes se révèlent donc indispensables à l'existence de tous les êtres vivants, car elles procurent tous les éléments nécessaires pour leur maintien en vie. L'homme, pour s'assurer un mieux-être quotidien, utilise les plantes dans divers domaines dont la médecine traditionnelle. Ce travail a pour but de déterminer quelques paramètres toxicologiques du décocté des feuilles de *Vernonia colorata* (Asteraceae) et de *Crescentia cujete* (Bignoniaceae) afin de contrôler la posologie et de prévenir l'intoxication dans l'utilisation thérapeutique de ces plantes. La toxicité aiguë de la décoction aqueuse de ces espèces a été évaluée après un processus qui consiste à administrer par voie orale, à des souris, les décoctions brutes pour des doses croissantes allant de 6000 à 7500 mg/kg de poids corporel (p.c.). L'utilisation des phytomédicaments s'est faite par voie orale, à différentes doses. Les résultats ont permis d'obtenir la dose à la limite de la

solubilité qui correspond à la dose maximale tolérée ou DTM respectivement de 6000 mg/kg et 7500 mg/kg pour *Vernonia colorata* et de *Crescentia cujete*. Ce paramètre toxicologique (dose maximale tolérée) est de loin supérieur à 21,04 et 100,33 mg/kg de poids corporel des doses quotidiennes recommandées par les guérisseurs traditionnels. Par conséquent, les doses prescrites par les guérisseurs traditionnels ne sont pas toxiques. L'utilisation de ces plantes dans les conditions traditionnelles de préparation et d'administration orale contre le diabète pourrait être scientifiquement justifiée.

MOTS-CLEFS: Médecine traditionnelle, Phytomédicament, Toxicité aiguë, Toxicologique.

1 INTRODUCTION

La pharmacopée traditionnelle humaine reste encore très présente dans les sociétés Africaines. En effet, près de 80% de la population ont recours, en première intention, à la médecine traditionnelle et aux remèdes issus de la pharmacopée traditionnelle, pour faire face aux problèmes de santé [1]. L'homme, pour s'assurer un mieux-être quotidien, utilise les plantes dans divers domaines dont la médecine traditionnelle. Cette pratique est donc « l'ancêtre » de la médecine moderne [2]. Cependant, de nos jours, force est de constater que la méconnaissance des composés chimiques responsables d'activités biologiques des plantes utilisées cause d'énormes préjudices aux prescripteurs, à la base d'irrationalisme des doses (conduisant au surdosage, au sous dosage, aux intoxications et voir même à la mort). Les doses employées restent imprécises [3]. Cette imprécision constitue un véritable problème de la médecine traditionnelle. La prospection des extraits administrés de façon empirique nécessite donc une surveillance de posologie, afin d'éviter les risques réels d'accidents thérapeutiques qui peuvent parfois s'avérer tragiques [4], [5]. Ainsi, malgré les connaissances acquises par les tradithérapeutes après plusieurs années d'apprentissage, l'usage des végétaux présente toujours un risque lié non seulement à la toxicité mais également à la dose administrée. Cette étude s'inscrit dans cette optique. Elle est relative à *Vernonia colorata* (Asteraceae) et *Crescentia cujete* (Bignoniaceae), deux plantes de la pharmacopée ivoirienne, utilisées pour leurs propriétés antidiabétiques. Pour cette étude, nous avons évalué la toxicité aiguë de ces deux espèces afin de prévenir les cas d'intoxication.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL

2.1.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal est constitué de l'ensemble des plantes récoltées au cours de notre enquête ethnobotanique. Pour cette étude, nous nous sommes intéressés aux feuilles de *Vernonia colorata* (Asteraceae) et de *Crescentia cujete* (Bignoniaceae)

2.1.2 MATÉRIEL ANIMAL

Les animaux expérimentaux sont des souris blanches mâles et femelles de souche Wistar âgées de 4 à 10 semaines et pesaient entre 35 à 65 grammes. Ils ont été placés dans des cages plastiques en laboratoire sous une température de 20 à 22 °C, 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité pendant 7 jours. Les cages contiennent des copeaux de bois renouvelés tous les 3 jours. À la suite de cette acclimatation, les animaux, provenant de l'Institut Pasteur d'Adiopodoumé (Côte d'Ivoire), ont été répartis en 11 lots de souris de manière suivante:

- Lot 01: souris témoins recevant de l'eau distillée
- Lot 02: souris traitées recevant *Vernonia colorata* à 200 mg ml⁻¹
- Lot 03: souris traitées recevant *Vernonia colorata* à 100 mg ml⁻¹
- Lot 04: souris traitées recevant *Vernonia colorata* à 66,66 mg ml⁻¹
- Lot 05: souris traitées recevant *Vernonia colorata* à 50 mg ml⁻¹
- Lot 06: souris traitées recevant *Vernonia colorata* à 40 mg ml⁻¹
- Lot 07: souris traitées recevant *Crescentia cujete* à 250 mg ml⁻¹
- Lot 08: souris traitées recevant *Crescentia cujete* à 125 mg ml⁻¹
- Lot 09: souris traitées recevant *Crescentia cujete* à 83,33 mg ml⁻¹
- Lot 10: souris traitées recevant *Crescentia cujete* à 62,5 mg ml⁻¹
- Lot 11: souris traitées recevant *Crescentia cujete* à 50 mg ml⁻¹

Les animaux ont été mis à jeun pendant 18 heures avant l'administration de l'extrait par gavage. Ils ont été privés de nourriture mais pas d'eau.

2.2 METHODE DE L'ETUDE

2.2.1 TOXICITÉ AIGUË PAR VOIE ORALE

Les concentrations de l'extrait brut aqueux (3 litres) ont été préparées sur la base du principe selon lequel les concentrations à administrer doivent être ramenées au poids corporel des souris, ainsi les doses ont été exprimées en mg/kg de poids corporel. Quatre (4) g d'extrait sec de chaque taxon, ont servi à la préparation du phytomédicament, avec une concentration maximale de 200 et 250mg ml⁻¹. À partir de ces solutions mères, différentes dilutions ont été effectuées pour obtenir des concentrations de: 1; 1/2, 1/3, 1/4 et 1/5, correspondant aux doses de: 200; 100; 66; 50 et 40 mg ml⁻¹ et 250, 125 83,33, 62,5 et 50 mg ml⁻¹ respectivement pour *Vernonia colorata* et *Crescentia cujete*. Les différents lots d'animaux ont été traités à différentes doses contre le témoin recevant de l'eau distillée.

2.2.2 GAVAGE DES SOURIS

Après avoir soumis les animaux à un jeûne de 12 heures, les solutions-mère (200 mg ml⁻¹ et 250 mg ml⁻¹) ont été administrée, par gavage, aux différents lots constitués, selon une méthodologie déjà décrite dans des études similaires [6]. Le gavage a été réalisé l'aide d'une canule d'incubation comportant un embout légèrement recourbé. Cette opération a nécessité l'usage d'un volume de 0,6 ml pour 20 grammes de poids corporel. Les doses de phytomédicament à administrer sont ensuite exprimées en mg kg⁻¹/vo de poids corporel. Dans l'ensemble, des volumes de 0,57 à 0,9 ml ont été administrés aux animaux, en fonction de leur poids corporel. Les différentes concentrations calculées précédemment correspondent aux doses suivantes:

6000 ; 3000 ; 2000 ; 1500 et 1200 mg kg⁻¹ p.c./vo. Après l'administration de l'extrait, les animaux sont replacés dans leurs cages métalliques où ils pouvaient avoir accès aux granulés. Ils étaient observés aussitôt puis toutes les 30 minutes, pendant 8 heures, le premier jour et une fois par jour, 48 heures puis durant quinze (15) jours. Pendant cette période, les signes cliniques (agitation, manque d'appétit, difficultés motrices et dyspnée) ainsi que le nombre d'animaux morts sont notés. Les paramètres de toxicité évalués au cours de notre étude étaient : (i) la dose maximale tolérée (DMT) ; (ii) la dose létale 100% (DL₁₀₀) et (iii) la dose létale 50% (DL₅₀).

La dose maximale tolérée (DMT) représente la dose maximale qui ne tue aucun animal lorsque l'extrait est administré. La dose létale 100% (DL₁₀₀) est la plus petite dose tuant tous les animaux. La dose létale 50% (DL₅₀) a été déterminée à partir de la formule suivante, qui fait intervenir la DL₁₀₀, la moyenne de la somme des morts entre 2 doses successives, la différence entre 2 doses successives et la moyenne du nombre d'animaux utilisés par lot.

$$DL_{50} = DL_{100} - \frac{\sum (a \times b)}{n} [7]$$

Où DL₅₀: Dose létale 50%; DL₁₀₀: Dose létale 100%; a: moyenne de la somme des morts entre deux doses successives; b: différence entre deux doses successives; n: moyenne du nombre d'animaux utilisés par lot. Six classes de toxicité ont permis d'apprécier la significativité des valeurs obtenues DL₅₀ (Tableau 1).

Tableau 1. Classe de toxicité [8]

Indice ou classe de toxicité	Terme couramment utilisé	Paramètre toxicologique (DL ₅₀)
1	Extrêmement toxique	DL ₅₀ ≤ 1 mg kg ⁻¹
2	Hautement toxique	1 mg/kg ≤ DL ₅₀ ≤ 50 mg kg ⁻¹
3	Modérément toxique	50 mg/kg ≤ DL ₅₀ ≤ 500 mg kg ⁻¹
4	Légèrement toxique	500 mg/kg ≤ DL ₅₀ ≤ 5 g kg ⁻¹
5	Presque toxique	5 g/kg ≤ DL ₅₀ ≤ 15 g kg ⁻¹
6	Relativement inoffensif	DL ₅₀ ≥ 15 g kg ⁻¹

3 RESULTATS

3.1 EVALUATION DES DOSES TRADITIONNELLES PAR LES TRADITHÉRAPEUTES

Les résultats du tableau 2 indiquent que les deux plantes ont les masses d'extrait dues à une poignée les plus élevées savoir: *Crescentia cujete* ($6,503 \pm 557,4$ g) et *Vernonia colorata* $1,364 \pm 0,578$ g. La concentration (C) des feuilles à $13,006 \pm 0,57$ g l⁻¹ soit $13,006 \pm 0,57$ mg ml⁻¹ est la plus élevée, alors que celle de *Vernonia colorata* est la plus faible ($2,728 \pm 9,5$ mg ml⁻¹). En effet, les paramètres évalués sont différents en passant d'une espèce à l'autre. Les feuilles de *Crescentia cujete* fournissent les valeurs les plus élevées. Quel que soit le paramètre dosé, les feuilles de *Vernonia colorata* donnent la dose la plus faible. Les DQT atteignent à peine 100 mg kg⁻¹ p.c./vo. L'ensemble des organes des plantes a été porté à ébullition, dans une casserole d'eau, durant 60 min. Après filtration, le tradithérapeute conseille aux adultes, à boire 2 litres du décocté, 3 fois par jour, durant un mois de traitement (Tableau 2).

3.2 EVALUATION MODERNE DE LA TOXICITÉ DES PHYTOMÉDICAMENTS CHEZ LA SOURIS

3.2.1 TROUBLES SYMPTOMATIQUES OBSERVÉS APRÈS GAVAGE DES PHYTOMÉDICAMENTS

Quatre minutes après administration du phytomédicament 1: extrait des feuilles de *Vernonia colorata*, à des doses allant 1200 à 6000 mg / kg / vo, une courte période d'agitation d'environ trois minutes a été observée. Ce phénomène a été observé dans les différents lots constitués y compris le lot témoin. Une quinzaine de minute plus tard, tous les animaux ont repris leur habitude normale. Aucun trouble de comportement n'a été observé pendant les quinze (15) jours suivants.

S'agissant de l'autre phytomédicament 2: extrait des feuilles de *Crescentia cujete*, son administration n'a provoqué aucun trouble véritable de comportement durant les deux jours d'observation. On a observé une courte période d'agitation durant 3 minutes. Cependant, aucune anomalie, du point de vue de la motricité et de la respiration des animaux, n'a été notée.

3.2.2 CARACTÉRISTIQUES TOXICOLOGIQUES EXPÉRIMENTALES

Les résultats du Tableaux 3 ont montré que les phytomédicaments administrés par voie orale (VO) et dont les doses ont varié entre 6000 et 7500 mg kg⁻¹ p.c./vo, ont été relativement inoffensifs pour les souris. Ces doses correspondent en effet à la dose maximale tolérée (DMT) qui est évaluée, dans ces conditions, à savoir: 6000 et 7500 respectivement pour *Vernonia colorata* et *Crescentia cujete*. En rapport avec les paramètres toxicologiques calculés, la DL₅₀ est nul sur 48 heures d'observation car la moyenne de la somme des morts entre deux doses successives et la dose létale 100 % (DL₁₀₀) sont nulles. Il n'y a donc pas eu un effet dose-réponse. Il est à noter que les doses obtenues en laboratoire sont très concentrées (de 6000 à 7500 mg kg⁻¹ p.c./vo), comparativement à celles des tradithérapeutes.

Tableau 2. Doses de phytomédicaments évaluées par les tradithérapeutes

	n	Mepd (g)	Concentration (g l ⁻¹ ou mg mL ⁻¹)	Vd (l)	Mpaj Mg kg ⁻¹ p.c./vo	DQT (mg)
Fe <i>V.colorata</i>	4	$1,364 \pm 0,578c$	$2,728 \pm 9,5d$	2	$1473,12 \pm 0,58d$	$21,04 \pm 0,002d^*$
Fe. <i>C. cujete</i> .	4	$6,503 \pm 557,4a$	$13,006 \pm 0,57a$	2	$7023,24 \pm 22,8a^{**}$	$100,33 \pm 0,20a^*$

Les données représentent une moyenne $\pm$ Écart Type; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001 ***P<0,001; n nombre de poignées du phytomédicament.

Mepd: masse d'extrait due à une poignée; Vd: volume du décocté; Mpaj: masse de phytomédicament; DQT: dose usuelle recommandée pour adulte de 70 kg.

Tableau 3. Taux de mortalité des souris après gavage d'extrait aqueux des feuilles de *Vernonia colorata* et de *Crescentia cujete*

Paramètres évalués	Témoïn	<i>Vernonia colorata</i>					<i>Crescentia cujete</i>				
	Lot1	Lot2	Lot3	Lot4	Lot5	Lot6	Lot7	Lot8	Lot9	Lot10	Lot11
Substance administrée par gavage	Eau distillée	Extrait	Extrait	Extrait	Extrait	Extrait	Extrait	Extrait	Extrait	Extrait	Extrait
Concentration initiale (mg/ml)	0,6 ml/20g	200	100	66,66	50	40	250	125	83,33	62,5	50
Dose correspondante (mg/kg p.c./vo)	30 ml/kg	6000	3000	2000	1500	1200	7500	3750	2500	1875	1500
Nombre de souris par lot	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Nombre de souris mortes, 48 h après gavage du phytomédicament	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mortalité (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4 DISCUSSION

4.1 TROUBLES SYMPTOMATIQUES OBSERVÉS APRÈS GAVAGE DU PHYTOMÉDICAMENT

La dyspnée observée, en administrant l'extrait de *Vernonia colorata* serait due à l'effet hypotenseur de la plante, effet signalé dans une étude consacrée aux plantes thérapeutiques utilisées dans le traitement de l'hypertension artérielle et du diabète [9]. L'effet hypotenseur serait le fait des flavonoïdes. Cet effet est comparable à celui de l'Acétylcholine et serait dû aux lactones sesquiterpéniques qui présentent une certaine toxicité [10]. Elles nous invitent à respecter les doses et à interdire l'usage de la plante aux enfants de moins de 5 ans, aux femmes enceintes et allaitantes.

4.2 EFFET DES EXTRAITS SUR LA MORTALITÉ DES SOURIS

L'absence de mortalité et de signes de toxicité durant les 72 heures puis 15 jours d'observation, indique que les phytomédicaments sont dépourvus de toute toxicité aiguë dans les conditions de nos investigations. Les composants chimiques de notre décocté semblent donc peu toxiques. Cette absence de toxicité aiguë avec les décoctés semble être liée au mode de préparation de l'extrait à administrer [11]. L'extrait de feuilles de *Vernonia colorata* a des propriétés antibactériennes, antiamibiennes, antiplasmodiales, anthelminthiques, anti-inflammatoires et régulatrices de la glycémie. Les principaux composants sont: une huile essentielle, des lactones sesquiterpéniques (vernolides), des glucosides, des stéroïdes et des acides aminés. C'est ce qui fait qu'elle est recommandée en cas de diarrhée, dysenterie amibienne, vers intestinaux (helminthes), diabète, paludisme et plaie [12], [13]. Au Congo, l'espèce semble aussi ne pas être toxique car elle est utilisée dans le traitement du diabète. En effet, les feuilles de *Vernonia colorata* contiennent des alcaloïdes, des flavonoïdes, des polyphénols et des terpénoïdes. Cela justifie leur usage contre le diabète [14]. En rapport avec cette étude, la dose à la limite de la solubilité qui représente la (DMT) dose maximale tolérée (6.000 mg kg⁻¹/vo), est largement supérieure à la dose de 21,04 mg kg⁻¹/vo, prescrite par le tradithérapeute. Cela confirme l'idée selon laquelle la DMT est supérieure aux doses nécessaires pour avoir des effets pharmacologiques [15], [16]. Ainsi, grâce à sa DMT de 6.000 mg kg⁻¹/vo, l'extrait brut aqueux de *Vernonia colorata* offre une marge de sécurité appréciable et montre qu'il est très peu probable que la dose quotidienne traditionnelle (DQT) soit à l'origine des accidents thérapeutiques. Dans les conditions d'utilisation traditionnelle, il est quasiment impossible d'atteindre la dose de 6.000 mg kg⁻¹/vo chez un homme ayant un poids moyen de 70 kg. Ainsi donc, l'absence de toxicité de la plante nous rassure quant aux nombreuses utilisations des feuilles de la plante. En effet, à la dose quotidienne de 21,04 mg kg⁻¹/vo, le phytomédicament ne pourrait être toxique, ce qui expliquerait ses nombreuses utilisations thérapeutiques traditionnelles. Quant à *Crescentia cujete*, l'espèce ivoirienne semble dépourvue de toute toxicité aiguë dans les conditions de notre expérience. Cependant, la pharmacopée Caribéenne mentionne que la toxicité est observée au niveau de la pulpe du fruit qui possède une action cancérogène chez la souris par induction de néoplasmes de type leucémie-lymphome et son ingestion peut déclencher de fortes diarrhées [17]. Les feuilles de l'arbre sont utilisées pour réduire la pression artérielle et elles montrent une activité antibiotique sur *Bacillus subtilis* et *Staphylococcus aureus*. Concernant les doses de phytomédicaments, la dose quotidienne traditionnelle prescrite par le tradithérapeute ivoirien a été évaluée et estimée à 100,33 mg kg⁻¹/vo, dans nos expériences. Elle est environ 75 fois plus faible que la dose maximale tolérée, dose expérimentale de 7.500 mg kg⁻¹/vo. Les doses traditionnelles sont donc extrêmement faibles et seraient moins à l'origine d'accidents thérapeutiques. Ce qui est rassurant quant aux nombreux usages de la plante, en médecine de traditionnelle africaine.

5 CONCLUSION

En Côte d'Ivoire, le taux de prévalence du diabète est de 9,6%. Ce taux est élevé et inquiétant. Cependant, il n'existe aucune thérapie satisfaisante pour cette pathologie qualifiée de tueur silencieux. Il est donc primordial de trouver une alternative à travers le patrimoine des ressources végétales utilisées en médecine traditionnelle. En Laboratoire, les phytomédicaments ont été explorés pour leurs effets pharmacodynamiques. Après avoir soumis les souris à un jeûne de 12 heures, les solutions-mères (200, 250 mg/ml), en provenance de 02 espèces (*Vernonia colorata* et *Crescentia cujete*) ont été administrées, par gavage, avec un volume de 0,6 ml pour 20 grammes de poids corporel. L'étude toxicologique a montré que ces 02 extraits aqueux ne manifestent aucun effet toxique sur les animaux. Ainsi, la vérification préliminaire, fondée sur les bases pharmacologiques et phytochimiques, conforte l'utilisation traditionnelle de la plante pour traiter les patients diabétiques et constitue une base pour une étude approfondie pour trouver un nouveau phytomédicament antidiabétique.

REFERENCES

- [1] Hobou D.R.A.C. Etude phytochimique et évaluation de l'activité pharmacodynamique de *Stachytarpheta indica* (Verbenaceae), une plante utilisée en médecine traditionnelle, dans le traitement du diabète. Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie. Université de Cocody-Abidjan (Côte-d'Ivoire), U.F.R. des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques, Laboratoire de Pharmacognosie, Botanique et Cryptogamie, 2013; 81 p.
- [2] Nana D.A. Contribution à l'étude d'une plante de la pharmacopée traditionnelle Africaine: Etude phytochimique et évaluation de l'effet des graines de *Picralima nitida* Stapf (Apocynaceae) sur la glycémie des rats. Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie. Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), U.F.R. des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques, Laboratoire de Pharmacognosie, Botanique et Cryptogamie, 2009; 119p.
- [3] Bruneton J. Pharmacognosie-Phytochimie, Plantes Médicinales. Lavoisier 4e éd, revue et augmentée, Tec & Dac-Editions médicales internationales, Paris, 2009; 1288 p.
- [4] Adjoungou A., Diafouka F., Koffi P., Lokrou A. et Attai H. Valorisation de la pharmacopée traditionnelle, action de l'extrait alcoolique de *Bidens pilosa* (Asteraceae) sur l'exploration statique et dynamique de la glycémie. Revue de medecines et pharmacopées Africaines, 2006; 19: 1-12.
- [5] Mangambu M., Kamabu V., Bola M.F. Les plantes médicinales utilisées dans le traitement de l'asthme à Kisangani et ses environs (Province Orientale, R.D.Congo). *Annales des Sciences*, Université Officielle de Bukavu, 2008; 1 (1): 63-68.
- [6] N'Guessan K., Fofié N.B.Y., Zirihi G.N. Effect of aqueous extract of *Terminalia catappa* leaves on the glycaemia of rabbits. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 2011; 1 (8): 59-64.
- [7] Karber C. & Brehrens B. Wie sind Reihenversuche fur biologische Auswertungen am Zweckmässigsten Anzuordnen? *Arch. Exp. Path. Pharm.*, 1935; 177: 379-388.
- [8] Hodge H. C. & Sterner J. H. Détermination of substances acute toxicity by LDB 50B. *Amer. Industrial Hyg. Assoc.* 1943; 10: 93.
- [9] Tra Bi F. H., Irié G. M., N'Gaman K. C.C., & Mohou C. H.B. Etudes de quelques plantes thérapeutiques utilisées dans le traitement de l'hypertension artérielle et du diabète: deux maladies émergentes en Côte d'Ivoire. *Sciences & Nature*, 2008; 5 (1): 39 – 48.
- [10] N'Guessan K., Beugré K., Zirihi G.N., Traoré D., Aké-Assi L. Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d'Ivoire). *Sciences & Nature*, 2009; 6 (1): 1-15.
- [11] Doh K.S. Plantes à potentialité antidiabétique utilisées en médecine traditionnelle dans le District d'Abidjan (Côte d'Ivoire): Étude ethnobotanique, caractérisation tri phytochimique et évaluation de quelques paramètres pharmacodynamiques de certaines espèces, Doctorat thèse unique, d'Université Felix Houphouët-Boigny. 2015; 151p.
- [12] Ohigashi H., Huffman M. A., Izutsu D. Toward the chemical ecology of Medicinal plants use in Chimpanzees, *Journal of chemical Ecology*, 20, 1994; 541-553.
- [13] Fane S. Etude de la toxicité de certaines plantes vendues sur les marchés du District de Bamako, faculté de médecine, de pharmacie et d'odonto-stomatologie (fmpos), Thèse d'Etat en pharmacie, 2003; 153p.
- [14] Moura A.C., Silva E., Fraga M.C., Wanderley A.G., Afiatpour P., Maia M.B. Antiinflammatory and chronic toxicity study of the leaves of *Ageratum conyzoides* L. in rats. *Phytomedicine*, 2005; 12 (1-2): 138-142.
- [15] Abo J.C. Effet pharmacologique d'un extrait aqueux de *Mareya micrantha* (Euphorbiaceae) sur l'activité cardiovasculaire de mammifère. Thèse de Doctorat de 3^{ème} Cycle, Université Nationale de Côte-d'Ivoire, F.A.S.T. d'Abidjan, pp 1-144.
- [16] Onocha P.A., Okorie D.A., Connolly J.D., Krebs H.C., Meier B. & Habermehl G.G. Cytotoxic activity of the constituents of *Anthocleista djalensis* and their derivatives. *Nigerian. Journal of Natural Products and Medicine*, 2003; (7): 58-60.
- [17] Ontreñas A., Zolla C. Plantas tóxicas de México. México: Instituto Mexicano del Seguro Social, 1982; 156p.

Alimentation et droits humains

[Food and human rights]

Ilunga Kazule Sylvain

Diplômé d'Etudes Approfondies en Sociologie, Chef de travaux à l'université de Likasi, RD Congo

Copyright © 2023 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: Our concern in this article is to demonstrate that food is the foundation of human rights. It is the first right that we must claim because through it we remain alive and pretend to do the most derisory things. Indeed, the food that man consumes is the essential element of the generation, conservation and maintenance of life and therefore of the conservation of the human species. As such, talking about human rights is therefore ipso-facto like giving sustained attention to food. And, there is no human right that can be guaranteed without food.

KEYWORDS: Food, law, human, agriculture, social, health.

RESUME: Nous nous préoccuons dans cet article de démontrer que l'alimentation est le socle des droits humains. Elle est le premier droit que nous devons réclamer car par lui nous demeurons en vie et prétendons faire les choses les plus dérisoires qui soient. En effet, la nourriture que l'homme consomme est l'élément essentiel de la génération, de la conservation et de l'entretien de la vie et partant de la conservation de l'espèce humaine. A ce titre, parler des droits humains revient donc ipso-facto à accorder une attention soutenue à l'alimentation. Et, il n'y a aucun droit humain qui peut être garanti sans alimentation.

MOTS-CLEFS: Alimentation, droit, humain, agriculture, social, santé.

1 INTRODUCTION

Provenant soit de la nature soit de l'agriculture ou encore des agro-industries, la nourriture que l'homme consomme est l'élément essentiel de la génération, de la conservation et de l'entretien de la vie et partant de la conservation de l'espèce humaine.

Il ne peut y avoir de vie sans alimentation bien qu'on ne vive pas pour l'alimentation seulement.

MAURICE HALBWACHS corrobore notre pensée en ces termes: « Pas plus qu'un organisme animal, l'organisme social ne peut subsister, ni s'accroître, s'il ne trouve pas sur le sol ou ne réussit pas à en tirer des aliments en quantité suffisante¹. Et, JACQUES JEAN FROMONT a développé quant à lui toute une théorie d'intégration trophique².

L'alimentation confère donc à l'homme une capacité, un pouvoir de faire quelque chose, donc un droit d'agir.

¹ HALBWACHS, M ; Morphologie sociale, Paris, Armand Colin, 1980, p142

² FROMONT, J.J ; Le schéma sociologique, Bruxelles, Labor, 1986

2 GÉNÉRALITÉS SUR L'ALIMENTATION

Pour besoin de cause, nous exposons sur la provenance de l'alimentation, l'histoire de cette dernière, l'importance de la production agricole, les facteurs de production agricole, les systèmes d'exploitation agricole, les systèmes d'élevage ainsi que l'importance de l'alimentation.

2.1 L'AGRICULTURE³

L'agriculture (du latin *agricultura*, composé à partir de *ager*, « champ », et de *cultura*, « culture »^[1]) est un processus par lequel les êtres humains aménagent leurs écosystèmes et contrôlent le cycle biologique d'espèces domestiquées, dans le but de produire des aliments et d'autres ressources utiles à leurs sociétés^[2]. Elle désigne l'ensemble des savoir-faire et activités ayant pour objet la culture des sols, et, plus généralement, l'ensemble des travaux sur le milieu naturel (pas seulement terrestre) permettant de cultiver et prélever des êtres vivants (végétaux, animaux, voire champignons ou microbes) utiles à l'être humain.

La délimitation précise de ce qui entre ou non dans le champ de l'agriculture conduit à de nombreuses conventions qui ne font pas tout l'objet d'un consensus. Certaines productions peuvent être considérées comme ne faisant pas partie de l'agriculture: la mise en valeur de la forêt (sylviculture), l'élevage d'animal aquatique (aquaculture), l'élevage hors-sol de certains animaux (volaille et porc principalement), la culture sur substrat artificiel (cultures hydroponiques)... Mis à part ces cas particuliers, on distingue principalement la culture pour l'activité concernant le végétal et l'élevage pour l'activité concernant l'animal.

L'agronomie regroupe, depuis le XIX^e siècle, l'ensemble de la connaissance biologique, technique, culturelle, économique et sociale relative à l'agriculture.

En économie, l'économie agricole est définie comme le secteur d'activité dont la fonction est de produire un revenu financier à partir de l'exploitation de la terre (culture), de la forêt (sylviculture), de la mer, des lacs et des rivières (aquaculture, pêche), de l'animal de ferme (élevage) et de l'animal sauvage (chasse)^[3]. Dans la pratique, cet exercice est pondéré par la disponibilité des ressources et les composantes de l'environnement biophysique et humain. La production et la distribution dans ce domaine sont intimement liées à l'économie politique dans un environnement global.

2.2 HISTOIRE⁴

D'après JARED DIAMOND l'histoire de l'agriculture est l'histoire de la domestication des plantes, des animaux et du développement, par les êtres humains, des techniques nécessaires pour les cultiver ou les élever, puis de la modification des écosystèmes cultivés, transformés en agroécosystèmes. L'agriculture est apparue indépendamment dans différentes parties du monde lors de la Révolution néolithique, il y a parfois plus de dix mille ans. On peut supposer que cela a débuté par une agriculture de subsistance. Puis, peu à peu, s'est créée une agriculture de production et de négoce.

Aujourd'hui, les informations concernant les marchés et leur organisation, les techniques et le savoir-faire bénéficiant des progrès de l'agronomie, les produits, instruments et méthodes de haute technologie élaborés par les industries qui sont à la disposition de l'agriculteur pour obtenir des niveaux de production jamais atteints dans l'histoire de l'homme. Les marges réalisées par les entreprises agricoles dans les pays développés restent cependant très variables, dépendant de prix de ventes fluctuants et d'aides apportées ou non par les États, tandis que, dans les autres pays, la situation de nombreux paysans reste précaire.

En contrepartie, ces développements récents de type industriel conduisent une partie des consommateurs des pays riches à des inquiétudes et des remises en question concernant la qualité des aliments, leur innocuité et les conséquences des méthodes modernes sur l'environnement.

2.3 FACTEURS DE PRODUCTION AGRICOLE⁵

Le concept de facteurs de production évoque l'ensemble des ressources mises en œuvre pour produire les biens et services nécessaires à la vie humaine. Son sens a évolué dans le temps d'après la vision des chercheurs de certaines écoles. Pour les physiocrates

³ « Définition - Agriculture | Insee », sur www.insee.fr (consulté le 15 décembre 2019)

⁴ Jared Diamond, consulté sur www.insee.fr le 15 décembre 2019

⁵ Wikipédia.org consulté le 17 mars 2019

(Pierre SAMUEL Du Pont de NEMOURS, François QUESNAY et le marquis de Mirabeau, Richard CANTILLON...) la terre était considérée comme le principal facteur créateur de valeur et l'unique source de la croissance économique. Plus tard les classiques Adam SMITH et David RICARDO retenaient deux facteurs de production à savoir: le capital et le travail (la nature et l'homme).

De nos jours, les économistes néoclassiques ne retiennent que ces deux facteurs de production capital et travail. et conçoivent que le facteur capital se décompose en plusieurs sous-éléments dont:

- Le capital physique (immobilier, matériels de production, biens durables, etc.), qui s'accroît avec l'investissement et, décroît au fil du temps sans investissement;
- Le capital humain, qui correspond aux connaissances mobilisables accumulées par les humains pour travailler (apprentissage, formation d'ingénieur, expérience, etc.);
- Le capital immatériel, qui correspond à la valeur accumulée par une entreprise sous forme d'organisation, de savoir-faire accumulé, ou d'image de marque. On parle aussi de capital social, et de capital culturel, comme variables explicatives de l'amélioration de la productivité ne résultant pas des autres facteurs;
- Le facteur « terre et sous-sol » (d'ailleurs de plus en plus aménagé par la main de l'homme) fait partie du capital d'une part comme une composante d'un facteur naturel plus large, les ressources naturelles incluant la biodiversité (la notion de capital naturel posant des questions sur le type de durabilité), et d'autre part comme la composante foncière du capital (propriété foncière)

Dans le même sillon de pensées KADONY NGUWAY KPALAINGU⁶ complétant d'une part les affirmations des économistes classiques (A. SMITH, D. RICARDO, T. MALTHUS, J.S. MILL) qui parlent de trois facteurs de production dont la nature, le capital et le travail; et d'autre part de celles de E. MEAD qui avait introduit le progrès technique parmi lesdits facteurs; ajoute pour sa part « la capacité de gestion » mieux connue sous comme un facteur nouveau devant être intégré parmi les facteurs traditionnels. Cette capacité de gestion est exprimée par l'équation $Y = F(K, L, N, Pt, Gt)$ où:

Y = production

F = fonction

K = capital

L = travail

N = nature

Pt = progrès technique à l'unité de temps

Gt = capacité de gestion à l'unité de temps

Ainsi donc pour KADONY⁷ la production est fonction des quantités de capital, de la main d'œuvre, de la nature, de progrès technique contenus à un taux constant dans le temps et de la capacité de gérer les ressources disponibles. Et l'accroissement de la production (ΔY) sera proportionnel à l'accroissement de chaque facteur, et sera exprimé par $\Delta Y = F(\Delta K, \Delta L, \Delta N, \Delta Pt, \Delta Gt)$.

2.4 IMPORTANCE DE L'ALIMENTATION

L'importance de l'alimentation se remarque à divers points de vue que nous exposons ci-après: la révolution sociale, la santé, classification sociale, le pouvoir politique et le développement.

2.4.1 ALIMENTATION ET RÉVOLUTION SOCIALE

L'histoire nous apprend que la première révolution que l'humanité ait connue c'est la révolution agricole.

En effet, dans la préhistoire la nature était pourvoyeuse de la nourriture. Les hommes se nourrissaient des fruits, et racines qu'ils ramassaient mais également aussi de petites bêtes et poissons qu'ils réussaient à attraper avec leurs outils très rudimentaires: les bifaces, le bois, les pierres...

⁶ KADONY NGUWAY KPALAINGU, Les défis de consolidation de la paix en république démocratique du Congo, in Africa peace research series n°2, university of bradford, united kingdom, departement of peace studies, 2008, pp. 40-79

⁷ KADONY NGUWAY KPALAINGU, Les défis de consolidation de la paix en république démocratique du Congo, in Africa peace research series n°2, university of bradford, united kingdom, departement of peace studies, 2008, pp. 40-79

Leur organisation sociale était qu'ils vivaient et se déplaçaient en groupes. Cela leur permettait d'une part de se défendre mieux contre les bêtes féroces et d'autre part de lutter contre les attaques des autres groupes qui pouvaient s'emparer de leur nourriture. C'est donc le nomadisme qui caractérisait leur mode de vie⁸.

Comme on peut s'en apercevoir, au cours de cette période le Droit à la vie correspondait au Droit à la survie; le Droit à la sécurité équivalait à celui d'insécurité; celui de repos à errer, et celui de la dignité à la l'indignité... Mais la découverte de l'agriculture vers 5.000 ans avant Jésus-Christ dans les vallées fluviales du Moyen Orient particulièrement en Mésopotamie et sur les bords du Nil emmena de grandes transformations dont les plus essentielles sont:

- La succession du mode de vie sédentaire au nomadisme entraînant ainsi la naissance des agglomérations par lesquelles on peut parler du droit à une résidence
- La naissance de l'élevage et la domestication des plantes par lesquelles on peut parler du droit à la dignité
- L'amélioration de la technique agricole grâce au progrès de l'outil de travail: usage de la houe, de l'araire, de la hache donnant ainsi accès au droit à la jouissance technologique
- L'apparition de nouveaux métiers: l'artisanat, l'élevage, l'agriculture, le commerce, la vannerie, la poterie entraînant une nette différenciation sociale donnant accès au droit à l'association
- L'accroissement de la population donnant aussi droit à l'organisation sociale

Par ailleurs, il faut signaler, à ce propos, que les groupes d'agriculteurs qui se sentaient à l'étroit dans leurs milieux portaient à la recherche de nouvelles terres à cultiver emportant avec eux les connaissances agricoles. Ainsi, ont commencé les grandes migrations vers 3000 ans avant Jésus-Christ.

L'étranger est donc promoteur de la sécurité alimentaire. Dès lors des vallées du Nil et de la Mésopotamie, l'agriculture se repentait et gagna l'Europe en suivant les bords de la mer Noire et la vallée du Danube autour de 2500 ans avant Jésus-Christ.

De ce qui précède, il y a lieu d'affirmer que la maîtrise de l'alimentation par l'agriculture a occasionné le passage de la sauvagerie à la barbarie; et de la barbarie à l'humanité, de la survie à la vie, de l'indignité à la dignité, de l'inorganisation à l'organisation et à la créativité, et ce, grâce à la domestication de la nature.

Toujours à propos de la révolution sociale le lait maternel est un autre aliment sur lequel nous pouvons nous appesantir. Selon Emmanuelle ROMANET⁹: « Si l'Etat ne s'est intéressé que récemment à l'alimentation de la population (à travers le célèbre cinq fruits et légumes par jour, par exemple), il y a cependant un domaine de l'alimentation dans lequel l'Etat a, très tôt, voulu intervenir: c'est l'alimentation des nourrissons. En effet, l'allaitement a toujours occupé une place à part dans les questions d'alimentation. Le code d'Hammourabi, texte juridique babylonien daté d'environ 1750 avant J.C., statuait déjà sur l'allaitement ! Le lait est un aliment particulier, symboliquement chargé. Le pouvoir a donc cherché à légiférer, contrôler, organiser et favoriser l'allaitement ».

Pour Yvonne KNIBIEHER: « le lait et le miel symbolisent la Terre Promise dans l'Ancien Testament (...) »¹⁰. Et, Françoise HERITIER affirme quant à elle « (...) dans de nombreuses cultures, l'allaitement met en jeu les pouvoirs du lait et confère à certains nourrissons un destin singulier. C'est le cas de certains dieux ou héros de la mythologie antique comme les célèbres Romulus et Remus, allaités par une louve. On sait (les ethnologues le confirment) qu'une parenté symbolique se construit grâce au lait, interdisant les mariages entre ceux qui ont été allaités par la même femme »¹¹.

2.4.2 ALIMENTATION ET SANTÉ

D'abord, nous pouvons dire que nous mettrons un accent sur le plan biologique. C'est grâce à l'alimentation que l'homme entretient et conserve sa vie car sans cela l'homme mourra certainement tout au plus dans une semaine. L'alimentation confère donc le droit à la vie.

Ensuite, sur le plan physiologique une alimentation insuffisamment ou excessivement équilibrée entraînera-t-elle des maladies de carence ou d'excès alimentaire. A ce sujet nous avons des maladies non transmissibles liées à l'alimentation.

⁸ Lire à ce sujet :

(a) 10000 ans de notre histoire, sd, sl, pp22-24

(b) WAUTELET, O. et HUGET, G. ; Notre histoire, Bruxelles, De BOECK, 1996, pp14-15

⁹<https://doi.org/10.1017/9781009000000> lu le 24/04/2021

¹⁰Cité par EMMANUELLE ROMANET, <https://doi.org/10.1017/9781009000000>

¹¹ Cité par EMMANUELLE ROMANET, <https://doi.org/10.1017/9781009000000>

Dans le premier cas, on peut relever la « malnutrition protéino-calorique » (MPC) qui désigne divers syndromes caractérisés avant tout par un arrêt ou un retard de la croissance chez les enfants, qu'on appelle aussi le syndrome polycarentiel et, dans les formes extrêmes, marasme ou kwashiorkor dont les causes fréquemment combinées sont l'insuffisance en apports alimentaires¹².

Le marasme renvoie à une alimentation qualitativement et quantitativement insuffisante tandis que le kwashiorkor lui réfère à une alimentation qualitativement insuffisante mais quantitativement suffisante¹³.

Mais à côté des maladies de carence on peut citer dans le second cas aussi des maladies d'excès telles l'obésité, le diabète, l'hypertension, le foie, la carie dentaire.

D'après YVAN D'AMOURS: « l'influence de l'alimentation sur la santé humaine est reconnue depuis l'Antiquité. Déjà, 400 ans avant Jésus-Christ, Hippocrate décrivait les effets de l'alimentation sur la santé humaine. Cependant, ce n'est qu'au XVII^e siècle que l'on commença à établir de façon scientifique des liens entre la consommation de certains aliments et la guérison des maladies comme le scorbut et le rachitisme, fort répandues à l'époque. On découvrit par exemple que la consommation de fruits de la famille du citron pouvait guérir le scorbut. On commença également à utiliser l'huile de foie de morue dans le traitement du rachitisme. Au XIX^e siècle, on découvrit que l'iode pouvait guérir le goitre et que certains composants des aliments pouvaient être regroupés par familles comme les huiles (lipides), les saccharines (sucres) et les albumineux (protéines). Malgré toutes ces découvertes, ce n'est qu'au début du siècle présent que l'on comprit vraiment les mécanismes par lesquels certains nutriments pouvaient agir sur différentes fonctions biologiques essentielles au maintien d'une bonne santé. Ainsi, entre 1900 et 1950, on identifia plusieurs vitamines et leurs mécanismes d'action. (...). Quant à certains minéraux présents en quantités infimes dans les aliments, ce n'est qu'au cours des années 1950 et 1960 que l'on reconnut leur rôle essentiel dans le métabolisme des graisses, des sucres et des protéines ainsi que leur contribution à la solidité des os, au fonctionnement des muscles et du système nerveux »¹⁴.

3 GÉNÉRALITÉS SUR LES DROITS HUMAINS

Les vocables droits de l'homme, droits humains expriment une même réalité: la considération de la dignité humaine à tous égards dans tous les milieux humains.

HECTOR GROS ESPILL avance pour sa part que les Droits de l'homme sont « les facultés ou attributions ou caractéristiques essentielles de l'être humain, proclamées, reconnues ou conférées par l'ordre juridique qui découlent de la dignité éminente de toute personne et constituent à l'heure actuelle un principe fondamental de toute l'organisation ou système politique et de la communauté internationale elle-même »¹⁵.

Et, RENE CASSIN d'enchaîner « une branche particulière des sciences qui a pour objectif d'étudier les rapports entre les hommes en fonction de la dignité humaine en déterminant les Droits et les facultés dont l'ensemble est nécessaire à l'épanouissement de la personnalité dans chaque être humain »¹⁶.

Pour FRANÇOISE BOUCHET l'expression Droits de l'homme recouvre « les Droits dont une personne jouit. Ils sont la reconnaissance juridique de la dignité et de l'égalité entre les hommes. Ces Droits définissent les conduites indispensables au développement de la personne »¹⁷.

Mais, l'expression droits de l'Homme consécutive à la révolution française pour représenter les droits fondamentaux des femmes et des hommes a rencontré des critiques par certains pour des raisons culturelles et historiques du genre comme l'évoque Roger Pol Droit: « vous parlez du genre masculin alors que vous croyez parler du genre humain, vous confondez l'espèce avec un seul genre (...) l'usage, en français distingue depuis des temps immémoriaux, l'individu de sexe masculin (...) les droits de l'homme, malgré l'universalité supposée du terme. Voilà sans doute pourquoi l'on voit se répandre l'expression droits humains¹⁸.

¹² F.A.O- OMS : Nutrition et développement une évaluation d'ensemble. Conférence internationale sur la nutrition, 1992, p8

¹³ Idem.

¹⁴ D'amours, Y., Le point sur l'alimentation et la santé, Quebec, Gaetan Morin, 1990, p1

¹⁵ Cité par MOVA SAKANY, Droit international humanitaire protection des victimes de guerre ou droit d'ingérence, Kinshasa, Safari, 1998, p. 34-35

¹⁶ Idem, p34-35

¹⁷ BOUCHET, F.S., Op.cit., p180

¹⁸ ROGER-POL D. CITE PAR HENNETTE, S.V., ET ROMAN, D., Op.cit., p10

C'est dans ce sens que l'on rencontre plus d'un vocable pour les qualifier: Droit de l'Homme, Droits humains ou Droits de la personne humaine qui expriment la reconnaissance de la dignité inaliénable de la personne humaine.

A propos du vocable droits humains, STEPHANIE HENNETTE VAUCHEZ ET DIANE ROMAN affirment que « ce vocable est adopté à la suite des critiques que dessus qui considèrent que la déclaration du 26 août 1789 est bien une déclaration des droits de l'homme masculin plus que de l'être humain: elle s'est accommodée parfaitement, et durablement, du maintien des femmes hors de la citoyenneté sous l'autorité d'un chef de famille, éternelle mineure aux droits minorés (...). Ainsi donc employer l'expression droit humain permettrait (...) de mettre l'accent sur l'individu concret, incarné: le titulaire de droit n'est pas l'être humain abstrait, c'est l'homme, la femme, l'enfant, l'étranger ou la personne handicapée (...) c'est cette diversité de la condition humaine que souligne le comité des droits de l'homme: l'expression tout individu » recouvre notamment les enfants filles et garçons, les soldats, les personnes handicapées, les réfugiés et les demandeurs d'asile, les apatrides, les travailleurs migrants, les personnes condamnées du chef d'infractions pénales et les personnes qui ont commis des actes de terrorisme¹⁹.

De ces définitions, il est aisé de faire ressortir que les Droits de l'Homme ou droits humains sont les Droits reconnus à tout être humain, quel qu'il soit, dépourvu de toutes considérations sociales ou étiquettes statutaires c'est-à-dire, pour le simple fait qu'il est un Homme: homme, femme, enfant, étranger, allogène...

Les moins que nous puissions admettre à la lumière de toutes ces acceptions est que les Droits de l'Homme sont des pouvoirs laissés pour compte à l'homme en raison de sa valeur intrinsèque d'être humain.

L'homme par cette qualité, donc, possède d'une certaine autonomie d'actions dans le cadre de ses rapports inter individuels. Et, cette autonomie c'est la liberté qu'on lui reconnaît par ses semblables et qu'on doit instituer par des règles pour ne pas la brimer seulement mais aussi pour la contenir de l'exagération.

Ainsi donc, la notion des Droits de l'homme ou droits humains est intimement liée aussi à celle de liberté: d'où l'expression libertés publiques.

Introduites aussi par la déclaration française des droits de l'homme, les libertés publiques renvoient à des facultés de faire (libertés) reconnues et garanties par le droit positif. Elles sont dites publiques car elles contribuent à la définition du bon gouvernement de la société moderne: leur finalité n'est pas uniquement individuelle, mais aussi sociale²⁰.

La notion de libertés publiques est ainsi plus restreinte que celle de droits de l'homme. Elle renvoie aux droits et libertés sanctionnés juridiquement par le droit et plus particulièrement par la loi.

3.1 TYPOLOGIE DES DROITS HUMAINS

Les droits humains se classifient en « "droits-libertés" et en "droits-créances". Les droits-libertés réfèrent au pacte international des droits civils et politiques de 1966 tandis que les droits créances se rapportent au pacte international des droits économiques et sociaux de 1966 »²¹.

Quoiqu'indissolubles, il faut noter que du point de vue de leurs contenus, les Droits de l'homme se classifient en deux grands groupes: les Droits civils et politiques et les Droits économiques, sociaux et culturels²².

Les droits civils et politiques englobent le droit à la vie, le droit de ne pas être soumis à la torture ni à des peines ou traitements cruels, inhumains ou dégradants, le droit de ne pas être astreint à accomplir un travail forcé. Le droit à la liberté et à la sécurité personnelle, le droit quand on est détenu ou arrêté à être traité avec humanité, le droit de ne pas être emprisonné pour l'inexécution d'une obligation contractuelle, le droit et liberté de mouvement, le droit de quitter n'importe quel pays, y compris le sien, le droit de ne pas être arbitrairement privé du droit de rentrer dans son pays, le droit au mariage et de fonder une famille, le droit à l'intégrité physique et morale, le droit à la justice et à la défense, la liberté des réunions, le droit de participer librement à la direction des affaires publiques de son pays.

Les droits économiques, sociaux et culturels comprennent: le droit au travail, le droit à des conditions de travail justes et favorables, le droit de former des syndicats et s'affilier au syndicat de son choix, le droit au libre choix de son travail, le droit à un salaire égal pour un

¹⁹ HENNETTE, S. V., et ROMAN, D., Op.cit., p10

²⁰ HENNETTE, S.,V., et ROMAN, D., Op.cit., p12

²¹ STEPHANIE HENNETTE-VAUCHEZ DIANE, Op.cit., p15

²² La charte internationale de droit de l'homme, fiche d'information n°2

travail égal, le droit à une rémunération équitable et satisfaisante, le droit au repos et aux loisirs, le droit à un niveau de vie suffisant pour assurer sa santé, son bien-être et celui de sa famille notamment par l'alimentation, le logement, les soins médicaux, le droit à l'éducation, le droit de prendre part librement à la vie culturelle de la communauté, le droit de la grève.

Le 16 décembre 1966, L'ONU à travers le Pacte international relatif aux droits civils et politiques donne une hiérarchie des droits de la personne humaine comme ci-dessous:

1° "Les droits qui ne peuvent jamais être violés; par exemple,

- Le droit à la vie (article 6)
- Le droit à la dignité inhérente à la personne humaine (articles 7-10),
- L'égalité fondamentale (articles 2-26)
- La liberté de pensée, de conscience et de religion (article 17)

2° Les droits inférieurs quoiqu'essentiels tels que:

- Les droits civils, politiques, sociaux, culturels pour les personnes particulières;

3° Les droits à considérer comme des postulats de l'idéal dans le sens du bien commun comme objectif à atteindre tels:

- Les droits des responsables soucieux du bien commun"²³

Sur le plan régional, il existe aussi différentes conventions:

Au plan continental on peut compter:

- La Convention européenne de sauvegarde des Droits de l'homme et des libertés fondamentales, adoptée le 04 novembre 1950 par le Conseil de l'Europe et entrée en vigueur en 1953
- La Convention américaine relative aux Droits de l'homme adoptée le 22 novembre 1969 par l'Organisation des Etats américains et entrée en vigueur en 1978
- La Charte africaine des Droits de l'homme et des Peuples adoptée le 27 juin 1981

A côté de cela, il faut relever les conventions thématiques à vocation Universelle telles:

- La Convention pour la prévention et la répression du crime de génocide, adoptée sous l'égide de l'ONU le 9 décembre 1948 qui est entrée en vigueur en 1951;
- La Convention relative à l'abolition de l'esclavage, de la traite des esclaves et des institutions et pratiques analogues à l'esclavage adoptée sous l'égide de l'ONU le 7 septembre 1948 et qui est entrée en vigueur en 1957;
- La Convention relative à l'élimination de toutes les formes de discrimination raciale adoptée le 21 décembre 1965 sous l'égide de l'ONU qui est entrée en vigueur en 1969;
- La Convention internationale sur l'élimination et la répression du crime d'apartheid adoptée sous l'égide des Nations Unies le 30 novembre 1973 et est entrée en vigueur en 1976;
- La Convention pour l'élimination de toutes les formes de discrimination à l'égard des femmes adoptées le 18 décembre 1979 et qui est entrée en vigueur en 1981;
- La Convention relative au statut de réfugié adoptée par l'Assemblée générale des Nations Unies le 28 juillet et entrée en vigueur en 1954;
- La Convention internationale des droits de l'enfant (CIDE), ou Convention relative aux droits de l'enfant adoptée par l'assemblée générale de l'ONU le 20 novembre 1989 et qui est entrée en vigueur le 07 septembre 1990;
- La Convention sur le droit de la femme adoptée en décembre 1979 et est entrée en vigueur le 03 septembre 1981

Enfin sur le plan interne, les Droits de l'homme sont protégés par la constitution et d'autres textes y relatifs comme le code pénal, le code civil, le code de la famille, le code foncier...

Une autre classification est celle d'IMBERT qui distingue:

²³ Documentation catholique (DC), n°1896, 1985, p384

1° Le Droit de l'homme à la liberté physique ou liberté individuelle qui comprend:

- a) La protection de l'autonomie individuelle (protection égale par la loi; personne n'est esclave, personne n'est considérée comme inférieure, droit de s'établir et de circuler)
- b) La protection de la sûreté individuelle (qui écarte les mesures arbitraires de détention ou de privation de liberté)
- c) La protection de la propriété individuelle (droit de posséder);

2° Le Droit de l'homme à la liberté de pensée, qui englobe:

- a) La liberté d'opinion;
- b) La liberté d'expression (liberté de la presse, des spectacles, d'informations...);
- c) La liberté de religion (les cultes sont libres);
- d) La liberté de l'enseignement et le droit à l'instruction (obligation d'instruire les enfants, neutralité de l'école...)

3° Le Droit de l'homme à la vie collective qui inclut:

- a) La participation à la vie sociale (droit de réunion, liberté d'organisation des cortèges et manifestations, la liberté d'association...);
- b) La participation à la vie économique (droit au travail, liberté syndicale, droit de grève, protection sociale...) ²⁴

3.2 CARACTÉRISTIQUES DES DROITS HUMAINS

Ici, il nous revient de retenir que les Droits de l'homme sont des droits universels, naturels, collectifs, subjectifs, individuels et gages de la dignité humaine tant au plan interne qu'international.

Par universalité, il faut entendre le fait que les Droits de l'homme concernent tous les individus sans distinction de race, de nationalité, de sexe. C'est autant admettre comme l'affirme *MAURICE CRANSTON* « les Droits de l'homme appartiennent à tous les hommes de toutes les époques » ²⁵.

L'universalité l'est aussi par l'esprit de la charte de L'ONU qui déclare que les peuples des Nations Unies sont résolus à proclamer à nouveau leur foi dans les droits fondamentaux de l'homme dans la dignité et la valeur des Droits des hommes et des femmes ainsi que des Nations grandes ou petites. Ainsi donc, l'adoption des normes internationales à caractère universel s'est consacrée en faveur de la personne humaine.

Le caractère naturel des droits de l'homme s'origine dans sa naissance qui lui confère des droits et libertés inhérents à sa nature, et que quiconque ne peut méconnaître.

La subjectivité des droits de l'homme repose sur le fait que les Droits de l'homme sont des prérogatives reconnues à tout un chacun, indispensables pour son épanouissement: droit à la vie, droit au travail, droit à la santé, droit à la nourriture.

Les droits de l'homme sont collectifs en ce sens qu'ils sont garantis tant au plan interne qu'international et qu'ils concernent un individu ou un groupe d'individus. L'indivisibilité des droits de l'homme repose sur le fait que tous les droits font un pour l'homme. C'est inadmissible de lui reconnaître certains et de laisser tomber d'autres. Pour le plein épanouissement de l'homme tous les droits sont au même pied d'égalité.

Les Droits de l'homme constituent un gage de la dignité humaine en ce sens que nul n'a droit de vous empêcher d'en jouir sauf certaines restrictions prévues par la loi.

Dès lors il est aisé de comprendre l'affirmation de *JEAN LOUIS COSPERI* selon laquelle « la notion des Droits de l'homme (...) recouvre non seulement les libertés que l'on peut appeler classiques (sécurité individuelle, liberté de pensée et d'expression, participation à la vie politique par désignation des représentants (...)) mais aussi des droits économiques et sociaux tels que celui d'avoir un travail et de le choisir librement, celui de créer des associations et de se syndiquer, le droit de la santé, éducation, aux loisirs (...) interdictions raciales et sexistes » ²⁶.

²⁴ IMBERT Cité par MOVA SAKANY, Op.cit., p37

²⁵ CRANSTON, M. ; "Qu'est-ce que les droits de l'homme ?", in Anthologie des droits de l'homme, Nouveaux Horizons, 1994, p30

²⁶ Cité par MOVA SAKANY, Op.cit., p36

3.3 LE DROIT À L'ALIMENTATION

Le droit à l'alimentation est un droit humain. Il est garanti par les textes juridiques régionaux comme internationaux.

Ci-dessous, nous exploitons sa conceptualisation, ses termes connexes, ses caractéristiques, les textes juridiques qui le soutiennent ainsi que ses implications.

3.3.1 CONCEPTUALISATION

D'après JEAN ZIEGLER, le droit à l'alimentation est « le droit d'avoir un accès régulier, permanent et libre soit directement soit au moyen d'achats monétaires à une nourriture quantitativement et qualitativement adéquate et suffisante, correspondant aux traditions culturelles du peuple dont est issu le consommateur, et qui assure une vie psychique et physique individuelle et collective libre d'angoisse, satisfaisante et digne. Le droit à l'alimentation correspond au droit d'être aidé si on ne peut pas s'en sortir seul mais c'est avant tout le droit de pouvoir s'alimenter par ses propres moyens dans la dignité »²⁷.

Il comprend également « l'accès aux ressources et aux moyens pour assurer et produire sa propre subsistance, l'accès à la terre, la sécurité de la propriété, l'accès à l'eau, aux semences, aux crédits, aux technologies et aux marchés locaux et régionaux y compris pour les groupes vulnérables et discriminés, l'accès aux zones de pêche traditionnelle pour les communautés de pêcheurs qui en dépendent pour leur subsistance, l'accès à un revenu suffisant pour assurer une vie digne y compris pour les travailleurs ruraux et les ouvriers de l'industrie ainsi que l'accès à la sécurité sociale et à l'assistance pour les plus démunis »²⁸.

Il ressort de cette définition que le droit à l'alimentation est une totalité qui intègre plusieurs facteurs: humains, politiques, économiques, culturels, environnementaux tant nationaux qu'internationaux qui influent sur la production, la circulation, la consommation de la nourriture.

Et, l'ONU à travers le Comité des droits économiques, sociaux et culturels énonce le droit à une nourriture saine de la manière ci-après: « le droit à une nourriture suffisante est réalisé lorsque chaque homme, chaque femme et chaque enfant, seul ou en communauté avec d'autres a physiquement et économiquement accès à tout moment à une nourriture suffisante ou aux moyens de se la procurer »²⁹.

Mais le droit à l'alimentation se confond avec certains vocables qu'il convient de décortiquer. C'est notamment le cas de la souveraineté alimentaire, la sécurité alimentaire, et la sécurité des aliments ou sécurité sanitaire des aliments dont nous avons l'honneur d'exposer dans les lignes suivantes.

3.3.2 ÉLÉMENTS DU DROIT À L'ALIMENTATION³⁰

Selon le Haut-commissariat des droits de l'Homme des Nations Unies, la disponibilité, l'accessibilité, l'adéquation, la durabilité constituent les éléments fondamentaux sur lesquels repose le droit à l'alimentation.

La disponibilité suppose que la nourriture doit être disponible à partir de ressources naturelles, soit par la production d'aliments (culture ou élevage); soit par d'autres moyens d'obtenir des aliments (pêche, chasse ou cueillette). Les aliments doivent également être proposés à la vente sur les marchés et dans les magasins.

En termes simples, nous pouvons affirmer que la disponibilité renvoie à une nature non seulement propice à l'exercice des activités agropastorales mais aussi pourvoyeuse des générations alimentaires spontanées.

L'accessibilité signifie qu'il existe des garanties économique et physique pour faire sien la nourriture. La garantie économique est définie par le coût d'acquisition des aliments pour s'assurer une alimentation équilibrée. La garantie physique signifie que tout le monde quel qu'il soit et où qu'il soit doit avoir accès à l'aliment dont question.

²⁷ Rapporteur spécial des Nations Unies sur le droit à l'alimentation, in Conseil économique et social des Nations Unies, le droit à l'Alimentation/CN.4/2001/Page 53, 7 février 2001

²⁸ ZIEGLER, J., : Rapport spécial de l'ONU sur le droit à l'alimentation devant l'Assemblée générale des Nations Unies en Novembre 2004

²⁹ <http://www.droitshumains.org/alimentation/pdf/AG014-ziegler-04.pdf>

³⁰ <http://ochr.org/FR/issues> lu le 05/05/2020

Ceci revient à dire que l'accessibilité efface les catégories sociales mieux encore le statut social devant la nourriture: enfants, malades, handicapés physiques, prisonniers, migrants déplacés de guerres ou à la suite des catastrophes naturelles.

La durabilité renvoie à garantir l'obtention de ces mêmes denrées aux générations actuelles et futures. Par dimension symbolique du langage, cet élément veut que l'Etat soit nettement très organisé.

3.3.3 LE DROIT À L'ALIMENTATION DANS LES TEXTES JURIDIQUES

Le droit à l'alimentation est reconnu dans les textes juridiques internationaux, régionaux et nationaux.

Au niveau international nous pouvons citer:

1° La Charte des Nations, de 1945 où il s'exprime tacitement:

- Dans le préambule " Nous peuples des Nations Unies, résolu (...) à proclamer à nouveau notre foi dans les Droits fondamentaux de l'homme, dans la dignité et la valeur de la personne humaine (...) à favoriser le progrès social et instaurer de meilleures conditions de vie dans une liberté plus grande (...) "

Comme on peut s'en rendre compte, on ne peut concevoir les Droits fondamentaux, la dignité et la valeur de la personne humaine de même qu'instaurer les meilleures conditions de vie sans mettre un accent tout particulier sur l'alimentation qui constitue le socle de maintien et d'entretien des cellules qui composent le corps humain.

Dans l'article 1 des buts des Nations Unies qui dispose "*Maintenir la paix et la sécurité internationales (...)*".

Dans le même ordre des idées que le préambule, il est aisé de noter que paix et sécurité ne peuvent se concevoir comme absence de la guerre mais aussi absence de nourriture. JOSUE DE CASTRO étaye notre pensée en ces termes: « l'histoire de l'humanité est, depuis l'origine, l'histoire de sa lutte pour son pain de chaque jour³¹ », BOUDHA et SCHILLER ont affirmé avant lui respectivement « la faim et l'amour constituent le germe de toute l'histoire humaine³² », et « la faim et l'amour dirigent le monde³³ ». Et JAMES AVERY JOYCE d'affirmer « une véritable paix mondiale ne pourra jamais être instaurée si d'innombrables êtres humains vivent dans la misère et le besoin³⁴ ».

2° La Déclaration universelle des Droits de l'homme de 1948 qui énonce symboliquement:

- Dans le préambule "*la reconnaissance de la dignité inhérente à tous les membres de la famille humaines (...)*"

Il est indubitable de concevoir le respect dévolu à l'être humain sans alimentation, comme analysé précédemment.

- Dans l'article 25 qui réfère explicitement à l'alimentation

" (...) Toute personne a droit à un niveau de vie suffisant pour assurer sa santé, son bien-être et ceux de sa famille, notamment pour l'alimentation (...) ".

3° Dans le Pacte international relatif aux droits économiques, sociaux et culturels de 1966 qui conçoit dans son article 11 " (...) le droit de toute personne à un niveau de vie suffisant pour elle-même et sa famille y compris une nourriture suffisante (...) Ainsi qu'à une amélioration constante de ses conditions d'existence.

Toujours au niveau international, on peut noter:

4° La Convention sur l'élimination de toutes les formes de discrimination à l'égard des femmes de 1976 dans ses articles 12 et 14:

« (...) les Etats parties fournissent aux femmes (...) une nutrition adéquate pendant la grossesse et l'allaitement... (Art 12 alinéa 2) ".

" (...) le rôle important que ces femmes jouent dans la survie économique de leurs familles (art 14 alinéa 1) (...) leur participation au développement rural (...) (art 14 alinéa 2) (...) " d'avoir accès au crédit et aux prêts agricoles (...).

5° Le Pacte international relatif aux droits civils et politiques du 16 décembre 1966 qui déclare en son article 4 alinéas 1 "*le droit à la vie est inhérent à la personne humaine*".

³¹ DE CASTRO J., Géopolitique de la faim, Paris, Editions ouvrières, 1963, p31.

³² Cité par DE CASTRO, J., Idem, p32

³³ Cité par DE CASTRO, J., Idem, p32

³⁴ JOYCE, A.J., Quand les peuples se donnent la main, Nouveaux Horizons, 1967, p154

Il se comprend aisément que la vie ne peut se concevoir sans alimentation. Ainsi donc cet article exprime par sa dimension symbolique, et de façon tacite le renvoi au droit à l'alimentation.

Mais faut-il le souligner, le droit à l'alimentation étant inclusif pour tout être humain quel qu'il soit, force-nous est donc de le relever dans les textes internationaux relatifs aux réfugiés, apatrides et indigènes.

6° La Convention relative au statut des réfugiés dans son chapitre IV du Bien-être qui stipule en son article 20: *" Dans le cas où il existe un système de rationnement auquel est soumis la population dans son ensemble et qui régleme la répartition générale de produit dont il y a pénurie, les réfugiés seront traités comme les nationaux".*

Il a donc ici, comme on peut s'en apercevoir, une considération équitable en matière alimentaire entre personnes en situation exceptionnelle d'asile et nationaux. L'Etat ne peut entretenir la discrimination.

7° La Convention relative au statut des apatrides du 26 avril 1954 qui dispose:

- Dans son préambule *" (...) les êtres humains (...) doivent jouir des droits de l'homme et des liberté fondamentales. (...) "*;
- Son article 20 du chapitre IV des avantages sociaux *" dans le cas où il existe un système de rationnement auquel sont soumises les populations dans son ensemble et qui régleme la répartition générale des produits dont il y a pénurie, les réfugiés seront traités comme les nationaux"*

Comme dans les instruments juridiques précédents, la nourriture est une priorité pour tout un chacun malgré son origine dans le pays d'accueil.

8° La Convention relative aux peuples indigènes et tribaux du 27 juin 1989 déclare dans sa partie II des terres en son article 14 ce qui suit *" (...) des mesures doivent être prises (...) pour sauvegarder (...) les terres (...) auxquelles ils ont (...) accès pour leurs activités traditionnelles et de subsistance".*

A titre indicatif complétons la série avec les textes ci-dessous:

➤ La Convention relative à l'aide alimentaire de 1990 dont l'article 1 présente les objectifs suivants

"La présente convention a pour objectifs de contribuer à la sécurité alimentaire mondiale et d'améliorer la capacité de la communauté internationale à répondre aux situations d'urgence alimentaire et autres besoins alimentaires des pays en développement en:

- Assurant la disponibilité de niveaux adéquats d'aide alimentaire sur une base prévisible, selon les dispositions de la présente convention;
- Encourageant les membres à veiller à ce que l'aide alimentaire fournie vise particulièrement à réduire la pauvreté et la faim des groupes les plus vulnérables et soit compatible avec le développement agricole de ces pays;
- Induisant des principes visant à optimiser l'impact, l'efficacité et la qualité de l'aide fournie à l'appui de la sécurité alimentaire;
- Prévoyant un cadre pour la coopération, la coordination et l'échange d'informations entre les membres sur les questions liées à l'aide alimentaire, afin d'améliorer l'efficacité de tous les aspects des opérations d'aide alimentaire et une comptabilité accrue entre l'aide alimentaire et d'autres instruments de politique"

➤ La Déclaration universelle pour l'élimination définitive de la faim et de la malnutrition de 1974 qui se propose

"L'élimination de la faim et de la malnutrition (...) et l'élimination des causes responsables de cette situation sont les objectifs communs de toutes les nations; (...)

Chaque homme, femme et enfant a le droit inaliénable d'être libéré de la faim et de la malnutrition afin de se développer pleinement et de conserver ses facultés physiques et mentales, et, partant, les moyens d'atteindre cet objectif. En conséquence, l'élimination définitive de la faim est un objectif commun de tous les pays de la collectivité internationale, notamment des pays développés et des autres Etats en mesure de fournir une aide. C'est aux gouvernements qu'il incombe fondamentalement de collaborer en vue d'accroître la production alimentaire et de parvenir à une répartition plus équitable et plus efficace des produits vivriers entre les divers pays et au sein de ceux-ci (...)"

➤ La Déclaration mondiale sur la nutrition de 1992 qui stipule dans son préambule: *" (...) Nous reconnaissons que l'accès à des aliments nutritionnellement appropriés et sans danger est un droit universel. Nous reconnaissons qu'il existe dans l'ensemble du monde assez de nourriture pour tous; le principal problème est celui des conditions à cette nourriture qui ne sont pas équitables. Au nom du droit à un niveau de vie décent, et notamment à une alimentation suffisante, énoncé dans la déclaration universelle des droits de l'homme, nous nous engageons à agir en commun pour que le droit d'être à l'abri de la faim devienne une réalité"*

- La Déclaration sur le droit au développement dont l'article 8 dispose que: "Les Etats doivent prendre, sur le plan national, toutes les mesures nécessaires pour la réalisation du droit au développement et ils assurent notamment l'égalité des chances de tous dans l'accès aux ressources de base, à l'éducation, aux services de santé, à l'alimentation, au logement, à l'emploi et à une répartition équitable du revenu"
- La Déclaration et programme d'action de Vienne où la Conférence mondiale sur les droits de l'homme demande aux Etats de ne prendre unilatéralement aucune mesure incompatible avec le droit international et la Charte des Nations Unies qui fasse obstacle aux relations commerciales internationales et s'oppose à la pleine réalisation des droits énoncés dans la Déclaration Universelle des Droits de l'Homme et les instruments internationaux en la matière, en particulier à la réalisation du droit de toute personne à un niveau de vie suffisant pour assurer sa santé et son bien-être, y compris en ce qui concerne l'alimentation, les soins médicaux et les services sociaux. Elle affirme que l'alimentation ne devrait pas être utilisée comme un instrument de pression politique
- La Résolution 51/171 de l'Assemblée Générale, de 1996 sur l'alimentation et développement agricole durable qui stipule dans son préambule que: "toute personne a le droit de pouvoir accéder à une alimentation saine et nourrissante, qui découle du droit à une alimentation adéquate et du droit fondamental qu'a tout être humain de ne pas souffrir de la faim"
- Le droit international humanitaire lors de la Convention de Genève (...) relative au traitement des prisonniers qui stipule dans ses articles 20 et 26 ce qui suit

"L'article 20 stipule que « la puissance détentricrice fournira aux prisonniers de guerre évacués de l'eau potable et de la nourriture en suffisance (...) ».

"L'article 26 stipule que la ration quotidienne de base sera suffisante en quantité et variété pour maintenir les prisonniers en bonne santé, et empêcher une perte de poids ou des troubles de carence. On tiendra compte également du régime auquel sont habitués les prisonniers. La puissance détentricrice fournira aux prisonniers de guerre qui travaillent les suppléments de nourriture nécessaires pour l'accomplissement du travail auquel ils sont employés. De l'eau potable en suffisance sera fournie aux prisonniers de guerre. L'usage du tabac sera autorisé. Les prisonniers de guerre seront associés dans toute la mesure du possible à la préparation de leur repas ordinaire; à cet effet, ils pourront être employés aux cuisines. Ils recevront en outre les moyens d'accommoder eux-mêmes les suppléments de nourriture dont ils disposeront. Toutes mesures disciplinaires collectives portant sur la nourriture sont interdites".

- La Convention de Genève relative à la protection des personnes civiles en temps de guerre dans ses articles 23, 36, 49, 55 et 89

"L'article 23 stipule que chaque haute partie contractante (...) autorisera également le libre passage de tout envoi de vivres indispensables, de vêtements et de fortifiants réservés aux enfants de moins de quinze ans, aux femmes enceintes ou en couches".

"L'article 36 stipule que les départs autorisés aux termes de l'article précédent seront effectués dans des conditions satisfaisantes de sécurité, d'hygiène, de salubrité et d'alimentation..."

"L'article 49 stipule que la puissance occupante, en procédant à ces transferts ou à ces évacuations, devra faire en sorte, dans toute la mesure du possible, que les personnes protégées soient accueillies dans des installations convenables, que les déplacements soient effectués dans des conditions satisfaisantes de salubrité, d'hygiène, de sécurité et d'alimentation".

"L'article 55 stipule que « dans toute mesure de ses moyens, la puissance occupante a le devoir d'assurer l'approvisionnement de la population en vivres et en produits médicaux; elle devra notamment importer les vivres, les fournitures médicales et tout autre article nécessaire lorsque les ressources du territoire occupées seront insuffisantes. La puissance occupante ne pourra réquisitionner des vivres, des articles ou des fournitures médicales se trouvant en territoire occupé que pour les forces et l'administration d'occupation; elle devra tenir compte des besoins de la population civile. (...) les puissances protectrices pourront, en tout temps, vérifier sans entrave l'état de l'approvisionnement en vivres et médicaments dans les territoires occupés, sous réserve des restrictions temporaires qui seraient imposées par d'impérieuses nécessités militaires".

"L'article 89 stipule que « la ration alimentaire quotidienne des internés sera suffisante en quantité, qualité et variété, pour leur assurer un équilibre normal de santé (...). Les internés recevront, en outre, les moyens d'accommoder eux-mêmes les suppléments de nourriture dont ils disposeraient. De l'eau potable en suffisance leur sera fournie. (...) les travailleurs recevront un supplément de nourriture proportionné à la nature du travail qu'ils effectuent. Les femmes enceintes et en couches, et les enfants âgés de moins de quinze ans, recevront des suppléments de nourriture proportionnés à leurs besoins physiologiques".

- Le Protocole additionnel aux conventions de Genève du 12 août 1949 relatif à la protection des victimes des conflits armés internationaux (protocole I) dans son article 54

"Le premier alinéa de l'article 54 relatif à la protection des biens indispensables à la survie de la population civile stipule qu'il est interdit d'utiliser contre les civils la famine comme méthode de guerre. Le second alinéa stipule qu'il est interdit d'attaquer, de détruire, d'enlever ou de mettre hors d'usage des biens indispensables à la survie de la population civile, tels que des denrées alimentaires et les

zones agricoles qui les produisent, les récoltes, le bétail, les installations et réserves d'eau potable et les zones d'irrigation, en vue d'en priver, à raison de leur valeur de subsistance, la population civile ou la partie adverse, quel que soit le motif dont on s'inspire, que ce soit pour affamer des personnes civiles, provoquer leur déplacement ou pour toute autre raison".

- Le Protocole additionnel aux conventions de Genève du 12 août 1949 relatif à la protection des victimes des conflits armés non internationaux (protocole II)

"L'article 14 sur la protection des biens indispensables à la survie de la population civile stipule qu'il est interdit d'utiliser contre les civils la famine comme méthode de combat. Il est par conséquent interdit d'attaquer, de détruire, d'enlever ou de mettre hors d'usage à cette fin des biens indispensables à la survie de la population civile, tels que les denrées alimentaires et les zones agricoles qui les produisent, les récoltes, le bétail, les installations et réserves d'eau potable et les ouvrages d'irrigation".

- La Convention relative aux droits de l'enfant où les articles 24 et 27 énoncent

Article 24 "Les Etats parties reconnaissent le droit de l'enfant de jouir du meilleur état de santé possible et de bénéficier de services médicaux et de rééducation. Ils s'efforcent de garantir qu'aucun enfant ne soit privé du droit d'avoir accès à ces services. Les Etats parties s'efforcent d'assurer la réalisation intégrale du droit susmentionné et, en particulier, prennent les mesures appropriées pour :

- Lutter contre la maladie et la malnutrition, y compris dans le cadre de soins de santé primaires, grâce notamment à l'utilisation de techniques aisément disponibles et à la fourniture d'aliments nutritifs et d'eau potable, compte tenu des dangers et des risques de pollution du milieu nature;
- Faire en sorte que tous les groupes de la société, en particulier les parents et les enfants, reçoivent une information sur la santé et la nutrition de l'enfant, les avantages de l'allaitement au sein, l'hygiène et la salubrité de l'environnement et la prévention des accidents, et bénéficient d'une aide leur permettant de mettre à profit cette information"

ARTICLE 27 "Les Etats parties reconnaissent le droit de tout enfant à un niveau de vie suffisant pour permettre son développement physique, mental, spirituel, moral et social".

- La Déclaration mondiale en faveur de la survie, de la protection et du développement de l'enfant de 1990 qui énonce dans le préambule: "Nous nous efforcerons de permettre aux enfants de croître et de se développer dans les meilleures conditions possibles, en adoptant des mesures pour éliminer la faim, la malnutrition et la famine, afin d'épargner à des millions d'entre eux des souffrances tragiques dans un monde qui a les moyens de nourrir tous ses citoyens"

Comme on peut s'en rendre compte, les textes internationaux dans lesquels figurent l'importance de l'alimentation foisonnent au plan mondial. Et, il ne nous sera pas possible de les noter tous.

Nous pouvons d'ores et déjà parcourir ceux d'importance continentale. Et, à ce titre, nous pouvons évoquer:

1° Le Protocole de San Salvador de 1988 pour le Continent américain qui reconnaît que *"toute personne a droit à une alimentation adéquate qui lui assure la possibilité d'atteindre son plein développement physique et son plein épanouissement effectif et intellectuel (article 14) "*.

2° En Afrique, on peut citer la Charte africaine des Droits de l'homme et des peuples de 1987 ainsi que la Charte africaine des droits et du bien-être de l'enfant de 1980.

3° Pour l'Europe, on a la Charte sociale européenne.

Enfin, au niveau national les constitutions des Etats demeurent les instruments juridiques auxquels on réfère pour le respect du droit à l'alimentation.

Et, en RDC, le chapitre 2 en son article 34, soutient tacitement le droit susdit comme suit *"l'Etat garantit (...) une rémunération équitable et satisfaisante assurant aux travailleurs ainsi qu'à sa famille une existence conforme à la dignité humaine (...) "*.

Plus loin encore, l'article 47 stipule; *"le droit à la santé et à la sécurité alimentaire est garanti (...) "*.

Comme on peut s'en rendre compte, le respect de la personne humaine, son bien-être ainsi que sa capacité d'acquérir la nourriture témoignent de l'intérêt de l'Etat congolais à garantir le droit à l'alimentation.

Ainsi, faut-il souligner que le droit à l'alimentation implique plusieurs autres droits subséquents qui en facilitent la jouissance. Voyons-en quoi ils consistent.

3.3.4 LES IMPLICATIONS DU DROIT À L'ALIMENTATION

Le droit à l'alimentation est avant tout une condition du droit à la vie car on ne peut vivre sans manger.

De même, le droit à l'alimentation est inconcevable sans les droits liés non seulement aux facteurs de production comme la terre, l'eau, l'homme, les capitaux et la capacité organisationnelle de l'Etat mais aussi le droit à l'alimentation implique le droit d'accès à la nourriture par le salaire.

Par ailleurs, une autre implication non moins importante est l'institution des mécanismes de contrôle d'effectivité du droit susdit garantis non seulement par les textes juridiques mais aussi par les ONG.

Notons qu'au niveau international existe le Comité des droits économiques, sociaux et culturels. Le rapporteur spécial des Nations Unies sur le droit à l'alimentation est aussi un mécanisme créé par l'ONU pour contrôler ce droit. Il dispose de trois moyens: d'abord la présentation devant la Commission des Droits de l'homme et de l'Assemblée générale de l'ONU de rapports généraux et thématiques sur le droit à l'alimentation; ensuite la conduite des missions de terrain dans le but de contrôler le respect du droit à l'alimentation dans les pays visités; et enfin l'envoi des dénonciations urgentes aux gouvernements dans des cas précis de violation du droit à l'alimentation.

3.3.5 RAPPORT ENTRE LE DROIT À L'ALIMENTATION ET D'AUTRES DROITS DE L'HOMME³⁵

Les droits de l'homme sont interdépendants, indissociables et intimement liés. Il s'avère que le droit à l'alimentation ne peut être effectif si on compromet l'exercice d'autres droits fondamentaux comme le droit à la santé, à l'éducation ou à la vie, et réciproquement. Ainsi:

- Le droit à la santé est tributaire du droit à l'alimentation et vice-versa. En effet, une bonne alimentation assure une bonne santé sinon on serait affecté des maladies par manque ou par excès alimentaire;
- Le droit à la vie est étroitement lié à l'ingérence alimentaire car sans nourriture il y'a risque de mourir d'inanition, de malnutrition ou de maladies y résultant, leur droit à la vie est également en péril;
- Le droit à l'eau conditionne le droit à l'alimentation car ce dernier ne peut s'exercer sans un accès à l'eau potable pour divers usages domestiques, à savoir la consommation, la préparation des aliments;
- Le droit à un logement convenable est un support du droit à l'alimentation. En effet, faire la cuisine ou conserver des aliments, exige un logement décent;
- Le droit à l'éducation est effrité par la faim et la malnutrition qui nuisent aux capacités d'apprentissage des enfants et peuvent les contraindre à quitter l'école et à commencer à travailler, ce qui porte atteinte à l'exercice de leur droit à l'éducation. En outre, pour être à l'abri de la faim et de la malnutrition, les individus doivent savoir ce qu'un régime alimentaire nutritif et acquérir les compétences et capacités voulues pour produire ou obtenir des aliments en tant que sources de revenus. Ainsi, l'accès à l'éducation, y compris à la formation professionnelle, est-il essentiel à l'exercice du droit à l'alimentation;
- Le droit au travail et à la sécurité sociale sont des garanties essentielles du droit à l'alimentation. L'emploi et la sécurité sociale sont souvent des moyens indispensables pour obtenir des aliments. Le salaire minimum et les prestations de sécurité sociale sont souvent fixés en fonction du coût des produits alimentaires de base sur le marché;
- La liberté d'association et le droit de prendre part aux affaires publiques jouent également un rôle important pour les plus marginalisés qui peuvent ainsi faire entendre leur voix à l'égard des pouvoirs publics pour la protection du droit à l'alimentation;
- Le droit à l'information joue un rôle fondamental à l'appui du droit à l'alimentation. Elle permet aux individus d'obtenir des renseignements sur les produits alimentaires et la nutrition, sur les marchés et sur l'allocation de ressources. Elle renforce la participation et donne une plus grande liberté de choix au consommateur. La protection et la promotion du droit de rechercher, d'obtenir et de diffuser des informations favorisent ainsi l'exercice du droit à l'alimentation;
- Le droit de ne pas être soumis à la torture ainsi qu'à des traitements cruels, inhumains ou dégradants qui se traduit par la privation de nourriture ou l'impossibilité de se nourrir dans les prisons ou dans d'autres structures

3.3.6 RAPPORT ENTRE DROIT À L'ALIMENTATION ET DROIT INTERNATIONAL PUBLIC³⁶

Etablir la liaison entre le droit à l'alimentation et le droit international public c'est universaliser le droit à l'alimentation de quiconque où qu'il soit. Le Haut-commissariat aux droits de l'homme note à ce sujet: « le droit à l'alimentation est un droit fondamental reconnu par le droit international qui accorde aux individus le droit d'accéder à une nourriture suffisante et aux ressources qui sont nécessaires

³⁵ Nations Unies Haut-commissariat aux droits de l'homme, le droit à une alimentation suffisante, fiche d'information n°34, pp7-8

³⁶ Nations Unies Haut-commissariat aux droits de l'homme, le droit à une alimentation suffisante, fiche d'information n°34, p9

pour jouir durablement de la sécurité alimentaire. Le droit à l'alimentation impose aux Etats l'obligation juridique de vaincre la faim et la malnutrition et de réaliser le droit à l'alimentation pour tous ».

Plus nettement encore, l'implantation du droit à l'alimentation dans le droit international trouve son assise dans plusieurs textes juridiques internationaux dont:

1. La Déclaration Universelle des Droits de l'Homme, qui, dans son article 25 dispose: " toute personne a droit à un niveau de vie suffisant pour assurer sa santé, son bien-être et ceux de sa famille, notamment par l'alimentation...";
2. Le Pacte international relatif aux droits économiques, sociaux et culturels en son article 11: "les Etats parties au présent Pacte reconnaissent le droit de toute personne à un niveau de vie suffisant (...) les Etats parties prendront des mesures appropriées pour assurer la réalisation de ce droit et ils reconnaissent à cet effet l'importance essentielle d'une coopération internationale (...) les Etats parties (...) adopteront, individuellement et au moyen de la coopération internationale, les mesures nécessaires, y compris des programmes concrets (...)";
3. Le Pacte international relatif aux droits civils et politiques qui intime aux Etats de protéger le droit à la vie

En plus de cela, nous ne pouvons pas ne pas relever les différentes Conventions citées ci-haut qui internationalisent les droits humains: Convention sur l'élimination de toutes les formes de discrimination à l'égard des femmes; - la Convention relative aux droits de l'enfant; la Convention relative aux droits des personnes handicapées, le Protocole de San Salvador, la Charte africaine des droits et du bien-être de l'enfant.

Le droit à l'alimentation est également reconnu dans d'autres Conventions internationales et régionales, comme la Convention sur l'élimination de toutes les formes de discrimination à l'égard des femmes (1979), la Convention relative aux droits de l'enfant (1989) et la Convention relative aux droits des personnes handicapées (2006), le Protocole additionnel à la convention américaine relative aux droits de l'homme traitant des droits économiques, sociaux et culturels, connu sous le nom de Protocole de San Salvador (1988), la Charte africaine des droits et du bien-être de l'enfant (1990) et le Protocole à la Charte africaine des droits de l'homme et des peuples, relatif aux droits de la femme en Afrique (2003), la Commission africaine des droits de l'homme et des peuples, la Charte africaine des droits de l'Homme et des peuples (1981), le Comité des droits de l'Homme, qui surveille l'application du Pacte international relatif aux droits civils et politiques (1966), la protection du droit à la vie exige des Etats qu'ils adoptent des mesures concrètes, notamment des mesures pour éliminer la malnutrition, la Convention contre la torture et autres peines ou traitements cruels, inhumains ou dégradants (1984).

Les Directives volontaires à l'appui de la concrétisation progressive du droit à une alimentation adéquate dans le contexte de la sécurité alimentaire nationale. Ces directives sont un outil pratique pour aider à mettre en œuvre le droit à une alimentation adéquate, qu'il s'agisse de pays en développement ou développés. Les Etats sont engagés à mettre à profit les directives relatives à la réalisation du droit à l'alimentation pour élaborer leurs stratégies et programmes nationaux de lutte contre la faim et la malnutrition. Les Directives engagent aussi les Organisations non gouvernementales, les Organisations de la société civile et le secteur privé à promouvoir et à renforcer la concrétisation progressive du droit à une alimentation adéquate. En effet, les ONG ont joué un rôle de premier plan dans la promotion d'un code de conduite sur le droit à l'alimentation dans le cadre du sommet mondial de l'alimentation tenu en 1996 et de ses activités de suivi. Un projet a été élaboré sous la conduite de trois ONG- le Réseau d'information.

3.3.7 LES OBJECTIFS DU MILLÉNAIRE POUR LE DÉVELOPPEMENT ET LE DROIT À L'ALIMENTATION

C'est en septembre 2000, que s'était tenu à New York le Sommet du Millénaire à l'issue duquel 150 Chefs d'Etats ou des gouvernements du Monde ont adopté les 8 Objectifs dits du Millénaire pour le Développement (OMD) pour le bien-être de tout un chacun dont en l'occurrence celui relatif à l'alimentation se situe en premier plan.

4 CONCLUSION

A travers cet article, il nous a paru indiqué d'éclairer l'opinion sur l'importance que revêt l'alimentation en temps de paix comme en situation exceptionnelle de guerre ou de calamité naturelle pour la promotion des droits humains notamment sur les droits à la santé, à la dignité, à la paix sociale... Premier élément de transformation sociale depuis les temps reculés, l'alimentation demeure l'élément primordial de l'entretien, de la conservation de la vie humaine mais aussi végétale et animale.

Les Etats l'ont érigé en un droit humain depuis plus d'un demi-siècle et ont consacré plusieurs textes de droit pour le protéger tant au niveau national qu'international en tant qu'élément commun gage de la vie de tout un chacun. L'alimentation est, pour peu qu'on puisse retenir, un élément de solidarité mondiale. En effet, sans alimentation, il n'y aura pas de droit à la vie, de droit à la dignité, de droit à la santé, de droit au développement... Bref pas d'alimentation pas de droits humains.

REFERENCES

- [1] BOUCHET, E, S., Introduction à l'étude du droit humanitaire, Paris, Dalloz, 1966
- [2] CASTRO. J., Géopolitique de la fin, Paris, éditions ouvrières, 1971
- [3] CRANSTON, M.; "Qu'est-ce que les droits de l'homme ?", in *Anthologie des droits de l'homme*, Nouveaux Horizons, 1994
- [4] D'AMOURS, Y., *Le point sur l'alimentation et la santé*, Quebec, Gaetan Morin, 1990
- [5] FROMONT, J.J.; *Le schéma sociologique*, Bruxelles, Labor, 1986
- [6] HALBWACHS, M.; *Morphologie sociale*, Paris, Armand Colin, 1980
- [7] HENNETTE, S., V., et ROMAN; Droits de l'homme et libertés fondamentales, Paris, Dalloz, 2016;
- [8] HENNETTE, S., V., et VAUCHEZ; Droits de l'homme et libertés fondamentales, Paris, Dalloz, 2016;
- [9] JOYCE, A.J., *Quand les peuples se donnent la main*, Paris, Nouveaux Horizons, 1967
- [10] MOVA SAKANY, Droit international humanitaire: protection des victimes de guerre ou droit d'ingérence, Kinshasa, safari, 1998
- [11] WAUTELET, O. et HUGET, G.; *Notre histoire*, Bruxelles, De BOECK, 1996
- [12] KADONY NGUWAY KPALINGU, Les défis de consolidation de la paix en république démocratique du Congo, in *Africa peace research series n°2*, university of bradford, united kingdom, departement of peace studies, 2008
- [13] *Rapporteur spécial des Nations Unies sur le droit à l'alimentation*, in Conseil économique et social des Nations Unies, le droit à l'Alimentation/CN.4/2001/Page 53, 7 février 2001
- [14] ZIEGLER, J.,: *Rapport spécial de l'ONU sur le droit à l'alimentation devant l'Assemblée générale des Nations Unies en Novembre 2004*
- [15] *La charte internationale de droit de l'homme, fiche d'information n°2*
- [16] *Documentation catholique (DC), n°1896*, 1985
- [17] F.A.O- OMS: *Nutrition et développement une évaluation d'ensemble*. Conférence internationale sur la nutrition, 1992
- [18] *Haut-commissariat aux droits de l'homme, le droit à une alimentation suffisant, fiche d'information n°34*
- [19] EMMANUELLE ROMANET, <https://doi.org>
- [20] Jared Diamond, consulté sur www.insee.fr
- [21] Wikipédia.org
- [22] <http://www.droitshumains.org/alimentation/pdf/AG014-ziegler-04.pdf>
- [23] <http://ochr.org/FR/issues>

Les étrangers et la promotion des droits humains

[Foreigners and the promotion of human rights]

Ilunga Kazule Sylvain

Diplômé d'Etudes Approfondies en Sociologie, Chef de travaux à l'université de Likasi, RD Congo

Copyright © 2023 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 many cases, foreigners are considered to be non-rights holders as well as in developed countries that are the donors and/or developers of universal human rights theories as in sub-developed countries. Today emerging who undergo them as good students. In one or the other side of these countries, the margin between written and verbal language in relation to everyday life is a reality that challenges more than one conscience.

We help you through these few lines to emerge in a somewhat objective way, anything remaining, to relativize the negative vision that is stuck to foreigners both in the so-called «civilizing» Western countries and those of the countries of Africa, Asia and Latin America considered «sheep of the first».

KEYWORDS: foreigners, law, human, country, developed, migration.

RESUME: Dans bien des cas, les étrangers sont considérés comme les non ayant droits aussi bien que ce soit dans les pays développés donneurs des leçons et/ou concepteurs des théories universelles des droits humains comme ceux des pays sous-développés dit aujourd'hui émergents qui les subissent en bons élèves. Dans l'un ou l'autre camp de ces pays la marge entre le langage écrit comme verbal par rapport au vécu quotidien est une réalité qui interpelle plus d'une conscience.

Nous vous aidons à travers ces quelques lignes à ressortir de façon quelque peu objective, toute chose restant par ailleurs, à relativiser la vision négative dont on colle les étrangers tant dans les pays occidentaux dits « civilisateurs » que ceux des pays de l'Afrique, de l'Asie et de l'Amérique Latine considérés comme « moutons des premiers ».

MOTS-CLEFS: étrangers, droit, humain, pays, développé, migration.

1 INTRODUCTION

Malgré les faiblesses qui peuvent caractériser un étranger dans un milieu existentiel considéré, son apport dans quelques domaines de la vie comme en l'occurrence la promotion des droits humains universalisés par les textes nationaux et internationaux ne peut être mis en cause. En effet, depuis des temps immémoriaux, l'étranger a toujours été considéré dans son milieu d'accueil comme un danger et par la suite, comme un semblable qu'on peut approcher.

2 GENERALITES SUR LES ETRANGERS¹

Dans son sens étymologique, le vocable "étranger" (pluriel "étrangers") provient du terme latin "extraneus" qui signifie "du dehors", "qui n'est pas de la famille", "du pays".

¹ www.Internaute.com, dictionnaire
www.Larousse.Fr/dictionnaire/français
fr.wikipedia.org/wiki
fr.wiktionary.org/wiki

Il ressort de cette acception que le mot "étranger" s'applique aussi bien aux choses qu'aux êtres humains. Et, dans cette réflexion, il se rapporte aux êtres humains et renvoie à une personne qui n'a pas la nationalité du pays où elle se trouve au moment concerné.

De façon générale, dans le temps, il a existé une équivalence des termes pour désigner l'étranger. "Ennemi", "esclave", "autre" étaient des termes interchangeables. Danièle LOCHAK affirme à ce sujet: « les langues anciennes (...) attestent l'association ou la parenté des concepts "étranger", "ennemi", "esclave", "autre". Dans les idéogrammes sumériens, les concepts d'étranger et d'ennemi sont associés. En akkadien, "ahu" signifie d'abord autre, différent, mais prend par extension le sens d'ennemi comme "alienus" en latin. "Nakiru" signifie "ennemi", "adversaire" et plus largement "étranger". L'esclave, (...) est l'homme ou la femme de l'étranger: l'esclave, à l'origine, est un captif étranger et il n'existe sans doute pas d'autres étrangers que les captifs réduits en servitude »².

En latin, le mot "hostis" désigne au départ l'étranger, puis l'étranger et l'ennemi (...) BENVENISTE affirme pour sa part à propos du terme étranger: « il désigne l'étranger avec lequel ont été établies des relations de réciprocité à la faveur de traités qui interrompent la situation (normale) d'hostilité entre les peuples, tandis que d'autres termes- "aduenas" celui qui vient du dehors, ou "peregrinus", celui qui est hors des limites de la communauté servent à désigner les étrangers avec qui une relation d'hospitalité ne s'est pas établie »³. CLAUDE LEVI STRAUSS écrit: « les populations dites primitives se désignent elles-mêmes d'un nom qui signifie "les hommes" (ou les bons, les excellents, les complets), impliquant ainsi que les autres tribus, groupes ou villages ne participent pas de ces vertus, ou même de la nature humaine »⁴. Chez les indiens, les hommes libres se désignent par le terme "arya" et celui de "dasa" désignant étranger, esclave, ennemi. L'homme libre se désigne comme "ingenuus", né dans la société considérée, donc pourvu de la plénitude de ses droits (.) et finalement l'esclave c'est l'étranger, mais capturé ou vendu comme butin de guerre⁵.

Dans le monde moderne, les mêmes conceptions de l'étranger se conservent. En français, le mot étranger vient d'étrange (extraneus en latin, de extra= dehors, qui a donné aussi extranéité) qui signifie à la fois incompréhensible, hors du commun, qui étonne ou surprend parce qu'il est différent de ce que l'on a l'habitude de voir. Pour l'allemand "fremd" désigne à la fois l'étranger, l'inconnu ou encore ce qui est étrange, singulier, bizarre ou différent. En anglais, les vocables "foreigner", "alien", "stranger" servent à désigner l'étranger. "Foreign" vient du mot français "forain" (en latin foris=dehors) et désigne ce qui vient de ou appartient à un autre pays, il a donné foreigner pour désigner le natif ou citoyen d'un autre pays. "Alien" vient du latin "alienus" (qui appartient à un autre) (...) il désigne l'étranger non résident non naturalisé et définit donc, en opposition à "citizen", un statut légal, mais également celui qui est d'une autre race, celui qui est exclu, mis à l'écart, "stranger" (vient du vieux français étrange qui a donné en français moderne étrange et étranger) est utilisé pour nommer celui qu'on ne connaît pas, celui qui n'est pas familier tandis que "strange" qualifie ce qui est différent, inconnu, inhabituel⁶.

2.1 TYPOLOGIE

Les types des étrangers sont fonction de l'évolution des sociétés humaines. Ainsi on a:

- Dans les sociétés antiques où l'état de guerre est permanent, existent "l'étranger" "ennemi" ou "esclave de guerre";
- Avec le développement des relations pacifiques et des échanges économiques apparaît "l'étranger marchand". DANIELE LOCHAK écrit à ce sujet: « dans un contexte d'autoconsommation et d'autarcie, le groupe n'avait besoin d'aucun intermédiaire, en revanche, dès qu'il dépend des marchandises produites à l'extérieur, la nécessité du commerce apparaît et de deux choses l'une: ou bien certains membres du groupe le quittent pour acheter ce dont ils ont besoin, auquel cas ils deviennent eux-mêmes des étrangers en territoire étranger; ou bien le groupe doit accueillir l'étranger sur son territoire étranger. En tout état de cause, le marchand est toujours étranger »⁷. Toujours à ce sujet DANIELE LOCHAK poursuit: « l'étranger qui s'installe dans un pays se fera plus volontiers marchand que les indigènes, d'abord parce qu'il dispose éventuellement d'un réseau de relations déjà constituées dans d'autres pays qui facilitent le commerce, ensuite parce que l'étranger arrive dans le groupe alors que toutes les positions économiques sont déjà occupées, et qu'il ne lui reste souvent que le commerce, capable d'absorber plus d'hommes que l'agriculture »⁸. Et DORSIFANG d'étayer cette pensée: « les sociétés primitives, malgré leur économie autarcique, connaissent déjà la figure de l'étranger marchand, protégé par des conventions qui rendent ainsi possibles les transactions commerciales »⁹;

² LOCHAK, D., *Etrangers : de quel droit ?* Paris, Presses Universitaires de France, 1985, p19

³ BENVENISTE cité par LOCHAK, D., *Op.cit.*, p19

⁴ LEVI STRAUSS, C., cité par LOCHAK, D., *Op.cit.*, p21

⁵ BENVENISTE cité par LOCHAK, D., *Op.cit.*, p21

⁶ LOCHAK, D., *Op.cit.*, p22

⁷ LOCHAK, D., *Op.cit.*, p24

⁸ *Idem*

⁹ DORSIFANG cité par LOCHAK, D., *Op.cit.*, p24

- L'étranger ennemi et esclave, "le metèque", qui séjourne, en Grèce pour des raisons principalement économiques sans dignité de droit de cité malgré le rôle important (armateurs, banquiers...) que cette catégorie de la population joue dans la cité car dans la Grèce antique le commerce était considéré comme une activité peu honorable;
- L'étranger protecteur dans l'empire romain antique où régnait des relations diplomatiques et économiques;
- Au Moyen Age, il existe plusieurs catégories d'étrangers comme l'affirme DANIELE l'étranger au MA, c'est celui, qui, venant d'ailleurs, n'appartient organiquement au groupe solidaire sur le territoire duquel il se trouve, momentanément ou durablement (...). Ainsi LOCHAK dénombre les catégories suivantes des étrangers: «
 - Le pèlerin ou voyageur qui se déplace;
 - Le marchand qui est étranger aux lieux où il circule;
 - Le juif car n'appartient pas à la chrétienté. Il est un LUFTMENSCH c'est-à-dire l'être mobile souvent marchand et itinérant. Il pratique le commerce, le prêt à intérêt;
 - L'aubain ou l'étranger ressortissant d'une autre seigneurie »¹⁰

La formation des Etats modernes fait apparaître "le national" c'est-à-dire l'intégration de l'individu à l'intérieur des frontières d'une collectivité exclusive dite nation: « Ainsi, s'élabore l'idée moderne de nationalité conçue comme un lien étroit et précis, exclusif de tout autre, rattachant l'individu à une collectivité et une seule; les individus, unis par le lien d'une même nationalité à l'intérieur de frontières bien délimitées, prennent une conscience de plus en plus nette de l'entité collective qu'ils forment, et corrélativement rejettent ceux qui n'appartiennent pas à cette entité »¹¹. Ce cloisonnement dans les frontières étatiques a donné naissance à une nouvelle catégorie de l'étranger: "le réfugié". LOCHAK DANIELE étaye notre pensée en ces termes: « le problème des réfugiés n'a commencé à se poser réellement qu'avec l'apparition de frontières fixes et closes à la fin du XIXème siècle et avec le partage du globe entre des Etats souverains jaloux de leurs prérogatives (...) Ce qui caractérise finalement la figure de l'étranger dans l'Etat-Nation c'est sa "politisation": le national se définit comme le ressortissant de l'Etat qui est par excellence une forme politique, tandis que l'étranger se définit comme non-national et (indissociablement) non-citoyen, n'appartenant pas à la communauté politique constituée en Etat »¹².

De nos jours, à cette catégorie d'étranger revêtue de la dimension politique, il vient se faire prévaloir avec l'essor de la planétisation du capitalisme industriel une dimension économique qui met en exergue la catégorie d'étranger dite travailleur migrant". LOCHAK note à ce sujet: « l'essor du capitalisme industriel va à la fois accélérer l'émigration en direction des pays les plus développés et en modifier la nature: les courants migratoires se polarisent en fonction des besoins en main d'œuvre des économies riches, tandis que le rôle dévolu à la main d'œuvre étrangère est celui d'une main d'œuvre déqualifiée (...) Le capitalisme internationalise non plus seulement les rapports commerciaux et les mouvements des capitaux, mais aussi les flux de main-d'œuvre, entraînant des brassages de populations à une échelle jusque-là inconnue. L'immigration apparaît comme un phénomène mondial global lié aux inégalités de développement entre pays utilisateurs et pays fournisseurs de main d'œuvre, ceux-ci offrant sur le marché international du travail les hommes qu'ils ne peuvent employer par manque d'infrastructures économiques et dont les premiers ont besoins pour pallier la pénurie de main d'œuvre non qualifiée qui risquerait d'entraver leur croissance¹³.

En définitive sur le plan sociologique que ce soit dans le monde antique ou moderne l'étranger est un rapport exclusif d'une personne avec un espace humain dont il n'est pas originaire. A ce titre, rejet, discriminations diverses sont son lot en dépit des services qu'il peut rendre à juste titre à l'espace d'accueil. C'est dans ce sens qu'on parle aujourd'hui: «

- D'un immigré qui est une personne qui est née dans un pays autre que le sien et qui peut demeurer soit étranger soit en acquérir la nationalité;
- D'un sans papier qui est une personne qui vit dans autre pays que le sien sans avoir l'autorisation du pays d'accueil pour y rester;
- D'un clandestin qualifié comme une personne qui enfreint les règles relatives au droit de séjourner dans un pays et se soustrait à sa surveillance;
- D'un demandeur d'asile considéré comme un fuyard et/ ou craintif des persécutions dans son pays qui demande protection à un pays d'accueil;
- D'un débouté qui est une personne dont la reconnaissance du statut de réfugié a été rejetée,
- D'un réfugié qui est une personne à qui un pays accorde une protection en raison des risques de persécution qu'elle encourt à cause de son appartenance à un groupe ethnique ou social, de sa religion, de sa nationalité ou de ses options politiques »¹⁴

¹⁰ LOCHAK, D., *Op.cit.*, pp24-27

¹¹ LOCHAK, D., *Op.cit.*, p29

¹² LOCHAK, D., *Op.cit.*, pp35-36

¹³ LOCHAK, O.D., *Op.cit.*, pp36-39

¹⁴ www.Internaute.com, dictionnaire

Sur le plan juridique, par contre, plusieurs éléments y concourent. En plus de l'appartenance antérieure à l'espace interviennent aussi les éléments comme la parenté, la religion, le pouvoir politique. Examinons cela au fil des temps.

Dans le monde antique Grecs et Romains, la filiation citoyenne et patricienne détermine les nationaux d'office. Mais par la suite marchands et esclaves qui participent à la vie de la cité le deviennent aussi par assimilation. A ce propos LOCHAK note: « (...) la polis grecque s'est formée non par la réunion d'individus mais en englobant les gènes, phratries et tribus entre lesquels sont répartis les citoyens; de même à Rome, le patriciat, organisé selon le principe gentilice, est composé par les 100 familles, qui, les premières se sont installées à Rome: le citoyen appartient d'abord à une lignée, une gens ou une phratricie, seule la plèbe, qui ne peut se réclamer d'aucun lignage est intégrée à la cité sur une base territoriale »¹⁵. Plus loin encore LOCHAK poursuit: « même dépourvus des liens de consanguinités avec les familles fondatrices et souvent simples spectateurs de la vie politique et religieuse, ils font néanmoins partie de la cité. Leur intégration se renforce en mesure que la démocratie se développe, tandis que s'élève au contraire la barrière qui sépare les citoyens des étrangers résidents »¹⁶. Et HOMO d'enchaîner: « (...) les hommes qui ne peuvent se réclamer d'aucun lignage et sont donc exclus de la société gentilice ne sont pas considérés comme des étrangers dans le cadre de la cité »¹⁷.

2.2 SES CONCEPTIONS

Les conceptions des étrangers sont fonction des sociétés et des époques. La première considération qu'on lui greffe c'est avant tout le rejet donc la méfiance, l'hostilité, dans le groupe d'accueil; et ce, en raison de renforcer la cohésion de celui-ci. CLAUDE LEVI STRAUSS note à ce sujet: « la notion d'humanité englobant, sans distinction de race ou de civilisation, toutes les formes de l'espèce humaine semble avoir été totalement ignorée, l'humanité cessant aux frontières de la tribu, du groupe linguistique, parfois même du village »¹⁸. J.P. ROUX de poursuivre: « dans les sociétés primitives, le monde se partage de façon à la fois simple et rigoureuse en deux: les membres du groupe, et tous les autres, assimilés à la sauvagerie, aux Barbares: Partout, d'abord, il y a: Nous et les Autres; puis: Nous qui sommes civilisés et les Autres qui ne le sont pas »¹⁹. CLASTRES pense pour sa part: « il y a, immanence à la société primitive, une logique centrifuge de l'émiettement, de scission, telle que chaque communauté a besoin pour se penser comme telle, de la figure opposée de l'étranger ou de l'ennemi »²⁰. « Le sentiment dominant qu'inspirent les étrangers est avant tout de crainte, de mépris ou de haine: crainte, parce que tout ce qui vient d'ailleurs est chargé de puissance magique, qui peut apporter la mort, le malheur ou la maladie, mépris, parce que les membres de la communauté sont à leurs propres yeux les seuls vrais hommes, haine, enfin, puisque l'étranger ou clan ou à la tribu est normalement un ennemi dont le sort normal est d'être tué ou, au mieux, réduit en esclavage »²¹.

Chez les grecs antiques on distingue « les Barbares et les Grecs étrangers. Le Barbare, c'est celui qui ne parle pas le grec et qui n'appartient pas à la civilisation grecque; l'étranger ressortissant d'une autre cité, c'est celui qui n'appartient pas à la communauté des citoyens, à la polis, (...) face aux Barbares, les grecs prennent conscience de l'existence d'une communauté grecque fondée sur une langue, un culte, des traditions et des coutumes communs; la figure du Barbare renforce ce sentiment d'appartenance et contribue à forger l'identité et l'unité helléniques. Une identité avantageuse, puisqu'en rejetant les autres populations dans des périphéries géographiques et culturelles les grecs se placent au centre du monde »²².

Dans la cité Rome antique « on y considère comme étranger et ennemi à la fois tout ce qui est hors de la ville et donc exclu de l'organisation politique de la civitas (...). On distinguera en effet les Latins, habitants du Latium, des Pérégrins, habitants des terres conquises, le terme de Barbare désignant les étrangers demeurés hors des frontières de l'Empire »²³.

Au Moyen-Age, où la chrétienté domine c'est toujours la même situation qui se présente: la peur, le rejet de l'étranger. Ce qui fait affirmer LE GOFF « (...) l'Autre par excellence, ici, c'est le non-chrétien, dans la mesure où le christianisme est le principe d'unité de la société médiévale, le critère de ses valeurs et de ses comportements, de sorte que la guerre, qui est un mal entre chrétiens, est un devoir contre les non-chrétiens (...) La chrétienté médiévale (...) se définit par un véritable racisme religieux et dans cette société fermée, opaque et hostile aux autres, pour laquelle un non chrétien n'est pas vraiment un homme et peut-être réduit en esclavage, jouent la solidarité primitive du groupe et la politique corrélative d'apartheid à l'égard des groupes extérieurs »²⁴.

¹⁵ LOCHAK, D., *Op.cit.*, p45

¹⁶ *Idem*

¹⁷ HOMO cité par LOCHAK, D., *Op.cit.*, p45

¹⁸ STRAUSS, C.L., cité par LOCHAK, D., *Op.cit.*, pp14-15

¹⁹ ROUX, J.P., cité par LOCHAK, D., *Op.cit.*, pp14-15

²⁰ CLASTRES cité par LOCHAK, D., *Op.cit.*, pp14-15

²¹ MAUSS, M., cité par LOCHAK, D., *Op.cit.*, p-15

²² THERBERT, Y., cité par LOCHAK, D., *Op.cit.*, p15

²³ LOCHAK, D., *Op.cit.*, p17

²⁴ GOFF LE cité par LOCHAK, D., *Op.cit.*, p17

Des temps Modernes à l'Epoque contemporaine la naissance des Etats n'ont pas pu modifier radicalement les anciennes conceptions quant à l'étranger. « L'apparition de frontières, au sens moderne du terme, fixe un dedans et un dehors: à l'intérieur du territoire ainsi délimité et clôturé, l'Etat poursuit son œuvre d'homogénéisation et d'unification qui permet de réaliser l'unité des individus du peuple nation; et le non-national, hétérogène et inassimilable, devient, au sens propre, un corps étranger »²⁵. Et Danièle LOCHAK de poursuivre « la nation se construit contre les autres nations, l'unité nationale se forge dans la guerre, la haine de l'étranger alimente le sentiment national; la propagande des gouvernants exploite la crainte instinctive de l'étranger en vue de renforcer la cohésion nationale et d'effacer ou de minimiser les clivages qui divisent la communauté (...) on s'efforce de rationaliser la crainte de l'étranger en le présentant tour à tour comme un agent en puissance de l'ennemi, une menace pour la préservation de la culture nationale, voire la pureté de la race, ou encore comme susceptible de détourner à son profit les ressources économiques du pays qui doivent rester à l'usage exclusif des citoyens. Mais le nationalisme n'est pas un pur effet de propagande: son succès même, qui surpasse celui qu'a pu connaître toute idéologie, atteste qu'il s'enracine dans une structure psychique profonde fondée sur la crainte de l'Autre, la crainte de ce qui est différent, perçu comme une menace pour sa propre identité »²⁶.

2.3 LA CONDITION SOCIALE DES ÉTRANGERS

Dans les pays d'accueil, égalité et discriminations sont le lot dialectique des étrangers par rapport aux nationaux. L'égalité trouve son fondement dans plusieurs éléments d'ordre moral, d'ordre politique, tandis que la discrimination sur les idéologies. Examinons en la portée.

2.3.1 LES DONNÉES D'ORDRE MORAL EN FAVEUR DE L'ÉGALITÉ

2.3.1.1 LA FRATERNITÉ UNIVERSELLE

D'après la paléontologie, les êtres humains actuels sont les descendants d'un ancêtre commun africain qui a vécu à l'ère quaternaire. JANINE BESSIN soutient à ce propos: « l'ère quaternaire est caractérisée par l'apparition de l'homme: un accident biologique de l'époque quaternaire, disent certains. Il est donc raisonnable d'admettre que la vie ainsi que l'homme ont eu une origine « unique et fortuite »²⁷.

Aussi, les différentes races que l'être humain présente de nos jours ne sont que le produit des modifications climatiques au cours des migrations qu'il a connues dans la lutte pour la recherche du bien être pour se maintenir en vie.

Les milieux naturels orientent la diversité, ainsi que l'affirme FROMONT lorsqu'il parle des liens chorologiques: « le milieu géographique; le climat, la topographie, la nature du sol, la faune, la flore sont autant de facteurs responsables de la diversité des types humains »²⁸.

2.3.1.2 LA FRATERNITÉ GÉNÉTIQUE

La biologie, science de la vie, postule par une de ses branches qu'est la génétique, qui est la science de l'hérédité, l'unicité et la différenciation des êtres humains grâce aux gènes, particules d'ADN portées par les chromosomes et qui sont responsables de la transmission des caractères d'une génération à une autre. Ainsi, grâce aux gènes, un être vivant est capable de se multiplier en des êtres qui lui sont semblables en vue de la conservation de l'espèce. FROMONT l'affirme en ces termes: « la génétique postule sur la base d'innombrables recherches sur le matériel génétique et les mécanismes de différenciation: l'unicité des êtres vivants provenant d'un pool ancestral des gènes »²⁹.

Bien plus, cette unicité biologique est d'autant plus assise chez l'être humain lorsqu'on se réfère à la classification sérologique. JEAN ROSTAND note à ce sujet « (...) la classification par le sang est présentement la façon la moins raciste de distribuer les hommes »³⁰.

En définitive, il faut accepter que quelque soient leurs races, les hommes de la terre ont tous les mêmes groupes sanguins. Ce sur quoi les hommes, toute chose restant égale par ailleurs, doivent se sentir solidaires les uns des autres.

²⁵ POULANTZAS, N. cité par LOCHAK, D., *Op.cit.*, p18

²⁶ LOCHAK, D., *Op.cit.*, pp18-19

²⁷ Citée par FROMONT J.J., *Le schéma sociologique*, Bruxelles, éditions Labor, 1976, p 69

²⁸ FROMONT J.J., *Op.cit.*, p73

²⁹ FROMONT J.J., *Op.cit.*, p73

³⁰ Cité par FROMONT J.J., *Op.cit.*, p73

2.3.1.3 LA FRATERNITÉ RATIONNELLE

Les êtres humains, quels qu'ils soient, sont doués de raison, et laquelle raison s'appuie sur la parole sans laquelle il n'y aurait pas évolution humaine par l'organisation de la pensée grâce à la logique universelle et la connaissance objective des faits.

La raison permet à l'être humain d'élaborer un discours cohérent et consistant, de dépasser le niveau des opinions, des appréciations subjectives, par le renvoi aux faits et le recours aux principes rationnels de la fonction logique; il devient ainsi possible de connaître le monde, distinguer le vrai du faux (fonction cognitive). La raison remplit enfin une troisième fonction, celle de bien juger, c'est-à-dire former des jugements d'ordre pratique, de différencier le bon et le mauvais, de porter, en un mot des jugements de valeur (...) ³¹.

2.3.1.4 LA FRATERNITÉ DIVINE

Elle repose sur le fait que les êtres humains sont les produits de la création d'un être supérieur: DIEU; ALLAH; LEZA³²; NZAMBE³³; ZAMBI KALUNGA SAKATANGA³⁴. A ce titre, un empressément à l'amour du prochain, à la charité doit les caractériser.

2.3.1.5 LA FRATERNITÉ ÉVOLUTIVE

Les hommes sont le produit de l'évolution naturelle. Ils sont voués aux mêmes phases des lois naturelles: naissance, croissance et mort qui constituent le destin commun.

2.3.1.6 LA FRATERNITÉ MIGRATOIRE

Les hommes qui peuplent la terre sont les produits des migrations dont l'objectif est la recherche du bien-être.

A ce sujet, on notera avec MARSEILLE que: « depuis toujours, les hommes se déplacent, migrent, pour trouver ailleurs ce qui leur manque pour vivre ou échapper à de grands dangers, tels que les guerres, les persécutions (...) vers 25000 avant J.C, des tribus asiatiques ont ainsi quitté la Sibérie, sont passées en Alaska et ont peuplé le Continent Américain. Autour de 2000 avant J.C, les peuples Indo-européens ont migré vers le Sud ou l'Ouest du Continent européen. A partir du XVIème siècle, la découverte du Continent américain a conduit des millions d'Européens vers ce Nouveau Monde, dans l'espoir de découvrir de l'or, des richesses ou une vie meilleure. Parallèlement, la nécessité de trouver des travailleurs pour de nombreuses plantations du Brésil et du Sud des Etats Unis actuel, entraîne la traite des esclaves Noirs amenés d'Afrique. A partir de la deuxième moitié du XIXème siècle, les gouvernements des Etats encore peu peuplés organisent des migrations pour mettre en valeur le territoire national »³⁵.

D'après LOCHAK, plusieurs éléments ont concouru à l'évolution du statut juridique de l'étranger. Parmi eux on peut citer:

- L'hospitalité qui dans les sociétés archaïques et antiques fait devoir de protéger l'étranger;
- La Bible qui recommande d'aimer et de protéger l'étranger avec la veuve et l'orphelin qui sont des catégories qui exigent la charité;
- L'institution du patronage qui veut que l'étranger qui pénètre dans un groupe doit, s'il veut préserver sa vie, sa liberté et ses biens et acquérir un minimum d'existence juridique, chercher la protection d'un patron, en la personne soit d'un simple membre du groupe, soit d'un chef de tribu, voire du roi ou de l'empereur »³⁶

Mais, en plus de ces mesures bénéfiques à l'endroit de l'étranger, nous devons ajouter: «

- La promotion de l'humanité dans les groupes humains par la conscience universelle des droits de l'homme qui impose au droit international qu'il est des droits dont chacun est investi sans considération de citoyenneté et ne peut être privé par un quelconque gouvernement;
- La montée des Etats-Nations qui conçoivent que la présence de l'étranger sera tolérée par bienveillance ou intérêt;
- La souveraineté étatique qui veut que chaque Etat a la liberté de déterminer les conditions d'accès et de refoulement des étrangers sur son territoire par l'organisation de l'afflux de l'immigration en cas de l'insuffisance de la main d'œuvre et en réduisant la présence

³¹ LECLERC, B. et PUCELLA, S. : *Les conceptions de l'être humain théories et problématiques*, Québec, éditions du Renouveau Pédagogique, 1993, pp28-29

³² NOM de DIEU en LUBA du KATANGA

³³ NOM de DIEU en LINGALA

³⁴ NOM de DIEU en TSHOKWE

³⁵ MARSEILLE, J., *Histoire géographique*, Paris, Nathan, 1988, p130

³⁶ LOCHAK, D., *Op.cit.*, p77

étrangère en vue de protéger l'ordre public, la sûreté de l'Etat, d'endiguer la concentration de la main d'œuvre étrangère. Et, donc l'affirmation de la souveraineté étatique signifie que chaque Etat détient le pouvoir de déterminer unilatéralement et discrétionnairement, d'une part les conditions d'attributions de sa nationalité, d'autre part les conditions d'entrée, de séjour et d'éviction du non-national (...) »³⁷

2.3.2 LES DONNÉES EN FAVEUR DE LA DISCRIMINATION

Bien que l'étranger soit sociologiquement une personne ne faisant pas partie du groupe social d'origine considéré, le droit lui confère néanmoins un statut social règlementé par deux principes solidaires "la précarité"³⁸ et "la discrimination"³⁹.

2.3.2.1 LA PRÉCARITÉ

Le principe de précarité veut dire que « l'étranger n'est pas membre du groupe, il ne jouit donc a priori d'aucune autre protection que celle que le groupe consent à lui reconnaître, il est là provisoirement, en tout cas pour une durée dont il n'est pas maître puisqu'il n'est jamais assuré de pouvoir demeurer là où il s'est installé. N'étant pas chez lui, il n'a en effet le droit ni d'entrer, ni de séjourner sur le territoire du pays d'accueil, sinon en vertu d'une autorisation par essence précaire et révocable, laissée au bon plaisir des autorités »³⁹.

La durée du séjour de l'étranger dans le pays d'accueil est donc incertaine car elle dépend des autorités du pays hôte. En effet « aucune règle générale du droit international n'oblige un Etat à accepter sur son territoire quiconque n'est pas son ressortissant, ni ne lui interdit de le refouler ou de l'expulser »⁴⁰. En dépit de certaines restrictions imposées à l'arbitraire des Etats par le droit international, ce dernier « n'a pas remis en cause dans leur principe les prérogatives étatiques tout simplement parce que le contrôle de l'accès au territoire est une des manifestations les plus fondamentales de la souveraineté »⁴¹.

L'étranger est donc un bénéficiaire précaire, momentané du droit national. Et, de cette précarité des droits dont il est bénéficiaire découle donc sa discrimination. C'est pourquoi LOCHAK affirme: « l'étranger est donc en situation toujours incertaine: hostilité, et diverses déceptions pèsent sur lui. (...) le sentiment d'hostilité qui prévaut à l'égard de l'étranger entraîne (...) une situation d'insécurité totale pour celui-ci, menacé dans sa vie, dans sa liberté ou dans ses biens (...) la précarité dans laquelle est maintenue l'étranger doit être rapportée aussi à la xénophobie, à la méfiance qu'inspire l'étranger, toujours soupçonné d'être agent de l'ennemi ou de la subversion, à la hantise, particulièrement vivace en période de crise, de voir les immigrés s'approprier une part excessive des richesses nationales et accaparer les emplois disponibles au détriment de la main d'œuvre nationale »⁴².

2.3.2.2 LA DISCRIMINATION

La discrimination est un traitement distinct de celui des nationaux (...) un statut à part (...) le terme discrimination a aussi le sens de "distinction, différence" en montrant comment les étrangers, indépendamment du contenu concret des règles qui les régissent sont systématiquement soumis à un statut à part qui concrétise et renforce leur marginalité sociale. Un droit à part pour les gens à part (...)⁴³. Le terme xénophobie de racine grecque traduit les discriminations que subissent les étrangers dans les pays d'accueil.

JEROME VALLUY le définit comme étant « l'ensemble des discours et des actes tendant à désigner l'étranger comme un problème, un risque ou une menace pour la société d'accueil et à le tenir à l'écart de cette société, que l'étranger soit au loin et susceptible de venir, qu'il soit déjà arrivé dans cette société ou, encore, depuis longtemps installé »⁴⁴.

D'après PASCAL SUNDI MBAMBI « on dénote deux facteurs qui expliquent le comportement xénophobe. D'abord il s'agit de l'internalisation du marché du travail qui fait que les groupes marginaux considèrent les nouveaux venus comme les concurrents compétitifs sur le marché du travail. Ensuite, la réduction des services sociaux de base dans les Etats serait une condition de comportement xénophobes car la population est abandonnée à son triste sort dans le domaine de la santé, de l'éducation »⁴⁵.

³⁷ LOCHAK, D., *Op.cit.*, p82

³⁸ LOCHAK, D., *Op.cit.*, p73

³⁹ LOCHAK, D., *Op.cit.*, p74

⁴⁰ *Idem*

⁴¹ *Idem*

⁴² LOCHAK, D., *Op.cit.*, pp74-77

⁴³ LOCHAK, D., *Op.cit.*, pp87-88

⁴⁴ VALLUY, J. cité par Pascal SUNDI MBAMBI "Comprendre la Xénophobie en Afrique du Sud" in *Congo Afrique* N°428, Octobre 2008, pp. 635-638

⁴⁵ Pascal SUNDI MBAMBI, « Comprendre la Xénophobie en Afrique du Sud » in *Congo Afrique* N°428, Octobre 2008, pp. 635-638

Mais les considérations discriminatoires à l'égard des étrangers ont mis sur pied depuis la nuit des temps des vocables stéréotypés sinon nouméniaux procédant du fétichisme symbolique et/ou de la substitution métonymique où les qualités et/ou défauts de quelques-uns s'étendent à toute la nationalité. Ainsi, dans les dictons populaires on désignait les non Grecs de "barbares"; les Français d'"amoureux"; les Noirs de "paresseux" ou "d'enfants"; les Polonais de "buveurs" ou de "soûl comme un polonais"; et en RDC on dit fréquemment "Muzungu" ni "Mungu" ou "Muzungu" ni "mutoto wa mama Maria" (le Blanc est un Dieu ou le Blanc c'est l'enfant de la Sainte Vierge Marie).

En rapport avec le droit international, il n'existe aucune codification précise de la situation de l'étranger car « les Etats n'entendent pas se lier dans un domaine qu'ils considèrent comme relevant de leur compétence exclusive, ou comme touchant de trop ou de près à leurs intérêts vitaux ou accepter des limitations précises à l'exercice de leurs prérogatives »⁴⁶.

Nous devons néanmoins noter avec LOCHAK que: « deux conceptions du droit international à l'égard de l'étranger sont de mises: d'une part la conception de VITORIA et GROTIUS qui fait prévaloir la liberté de communication entre les pays sur les prérogatives des Etats; et celle de VATTEL qui proclame le droit des Etats souverains de défendre l'entrée de leur territoire aux étrangers en fonction de leurs intérêts propres. Une autre conception est celle qui concilie le droit de communication et la sécurité entre Etats, tout en leur laissant la latitude d'apprécier leurs intérêts »⁴⁷.

3 GÉNÉRALITÉS SUR LES DROITS HUMAINS

Les vocables droits de l'homme, droits humains expriment une même réalité: la considération de la dignité humaine à tous égards dans tous les milieux humains.

HECTOR GROS ESPIILL avance pour sa part que les Droits de l'homme sont « les facultés ou attributions ou caractéristiques essentielles de l'être humain, proclamées, reconnues ou conférées par l'ordre juridique qui découlent de la dignité éminente de toute personne et constituent à l'heure actuelle un principe fondamental de toute l'organisation ou système politique et de la communauté internationale elle-même »⁴⁸.

Et, RENE Cassin d'enchaîner « une branche particulière des sciences qui a pour objectif d'étudier les rapports entre les hommes en fonction de la dignité humaine en déterminant les Droits et les facultés dont l'ensemble est nécessaire à l'épanouissement de la personnalité dans chaque être humain »⁴⁹.

Pour FRANÇOISE BOUCHET l'expression Droits de l'homme recouvre « les Droits dont une personne jouit. Ils sont la reconnaissance juridique de la dignité et de l'égalité entre les hommes. Ces Droits définissent les conduites indispensables au développement de la personne »⁵⁰.

Mais, l'expression droits de l'Homme consécutive à la révolution française pour représenter les droits fondamentaux des femmes et des hommes a rencontré des critiques par certains pour des raisons culturelles et historiques du genre comme l'évoque Roger Pol Droit: « vous parlez du genre masculin alors que vous croyez parler du genre humain, vous confondez l'espèce avec un seul genre (...) l'usage, en français distingue depuis des temps immémoriaux, l'individu de sexe masculin (...) les droits de l'homme, malgré l'universalité supposée du terme. Voilà sans doute pourquoi l'on voit se répandre l'expression droits humains⁵¹.

C'est dans ce sens que l'on rencontre plus d'un vocable pour les qualifier: Droit de l'Homme, Droits humains ou Droits de la personne humaine qui expriment la reconnaissance de la dignité inaliénable de la personne humaine.

A propos du vocable droit humains, STEPHANIE HENNETTE VAUCHEZ ET DIANE ROMAN affirment que « ce vocable est adopté à la suite des critiques que dessus qui considèrent que la déclaration du 26 août 1789 est bien une déclaration des droits de l'homme masculin plus que de l'être humain: elle s'est accommodée parfaitement, et durablement, du maintien des femmes hors de la citoyenneté sous l'autorité d'un chef de famille, éternelle mineure aux droits minorés (...). Ainsi donc employer l'expression droit humain permettrait (...) de mettre l'accent sur l'individu concret, incarné: le titulaire de droit n'est pas l'être humain abstrait, c'est l'homme, la femme, l'enfant, l'étranger ou la personne handicapée (...) c'est cette diversité de la condition humaine que souligne le comité des droits de l'homme: l'expression tout individu » recouvre notamment les enfants filles et garçons, les soldats, les personnes handicapées, les

⁴⁶ LOCHAK, D., *Op.cit.*, p. 83

⁴⁷ LOCHAK, D., *Op.cit.*, pp. 82-83

⁴⁸ Cité par MOVA SAKANY, *Droit international humanitaire protection des victimes de guerre ou droit d'ingérence*, Kinshasa, Safari, 1998, p. 34-35

⁴⁹ *Idem*, p34-35

⁵⁰ BOUCHET, F.S., *Op.cit.*, p180

⁵¹ ROGER-POL D. CITE PAR HENNETTE, S.V., ET ROMAN, D., *Op.cit.*, p10

réfugiés et les demandeurs d'asile, les apatrides, les travailleurs migrants, les personnes condamnées du chef d'infractions pénales et les personnes qui ont commis des actes de terrorisme⁵².

De ces définitions, il est aisé de faire ressortir que les Droits de l'Homme ou droits humains sont les Droits reconnus à tout être humain, quel qu'il soit, dépourvu de toutes considérations sociales ou étiquettes statutaires c'est-à-dire, pour le simple fait qu'il est un Homme: homme, femme, enfant, étranger, allogène...

Les moins que nous puissions admettre à la lumière de toutes ces acceptions est que les Droits de l'Homme sont des pouvoirs laissés pour compte à l'homme en raison de sa valeur intrinsèque d'être humain.

L'homme par cette qualité, donc, possède d'une certaine autonomie d'actions dans le cadre de ses rapports inter individuels. Et, cette autonomie c'est la liberté qu'on lui reconnaît par ses semblables et qu'on doit instituer par des règles pour ne pas la brimer seulement mais aussi pour la contenir de l'exagération.

Ainsi donc, la notion des Droits de l'homme ou droits humains est intimement liée aussi à celle de liberté: d'où l'expression libertés publiques.

Introduites aussi par la déclaration française des droits de l'homme, les libertés publiques renvoient à des facultés de faire (libertés) reconnues et garanties par le droit positif. Elles sont dites publiques car elles contribuent à la définition du bon gouvernement de la société moderne: leur finalité n'est pas uniquement individuelle, mais aussi sociale⁵³.

La notion de libertés publiques est ainsi plus restreinte que celle de droits de l'homme. Elle renvoie aux droits et libertés sanctionnés juridiquement par le droit et plus particulièrement par la loi.

3.1 TYPOLOGIE DES DROITS HUMAINS

Les droits humains se classifient en « "droits-libertés" et en "droits-créances". Les droits-libertés réfèrent au pacte international des droits civils et politiques de 1966 tandis que les droits créances se rapportent au pacte international des droits économiques et sociaux de 1966 »⁵⁴.

Quoiqu'indissolubles, il faut noter que du point de vue de leurs contenus, les Droits de l'homme se classifient en deux grands groupes: les Droits civils et politiques et les Droits économiques, sociaux et culturels⁵⁵.

Les droits civils et politiques englobent le droit à la vie, le droit de ne pas être soumis à la torture ni à des peines ou traitements cruels, inhumains ou dégradants, le droit de ne pas être astreint à accomplir un travail forcé. Le droit à la liberté et à la sécurité personnelle, le droit quand on est détenu ou arrêté à être traité avec humanité, le droit de ne pas être emprisonné pour l'inexécution d'une obligation contractuelle, le droit et liberté de mouvement, le droit de quitter n'importe quel pays, y compris le sien, le droit de ne pas être arbitrairement privé du droit de rentrer dans son pays, le droit au mariage et de fonder une famille, le droit à l'intégrité physique et morale, le droit à la justice et à la défense, la liberté des réunions, le droit de participer librement à la direction des affaires publiques de son pays.

Les droits économiques, sociaux et culturels comprennent: le droit au travail, le droit à des conditions de travail justes et favorables, le droit de former des syndicats et s'affilier au syndicat de son choix, le droit au libre choix de son travail, le droit à un salaire égal pour un travail égal, le droit à une rémunération équitable et satisfaisante, le droit au repos et aux loisirs, le droit à un niveau de vie suffisant pour assurer sa santé, son bien-être et celui de sa famille notamment par l'alimentation, le logement, les soins médicaux, le droit à l'éducation, le droit de prendre part librement à la vie culturelle de la communauté, le droit de la grève.

Le 16 décembre 1966, L'ONU à travers le Pacte international relatif aux droits civils et politiques donne une hiérarchie des droits de la personne humaine comme ci-dessous:

1° "Les droits qui ne peuvent jamais être violés; par exemple,

- Le droit à la vie (article 6)
- Le droit à la dignité inhérente à la personne humaine (articles 7-10),
- L'égalité fondamentale (articles 2-26)
- La liberté de pensée, de conscience et de religion (article 17)

⁵² HENNETTE, S, V., et ROMAN, D., *Op.cit.*, p10

⁵³ HENNETTE, S.,V., et ROMAN, D., *Op.cit.*, p12

⁵⁴ STEPHANIE HENNETTE-VAUCHEZ DIAN., *Op.cit.*, p15

⁵⁵ La charte internationale de droit de l'homme, fiche d'information n°2

2° Les droits inférieurs quoiqu'essentiels tels que:

- Les droits civils, politiques, sociaux, culturels pour les personnes particulières;

3° Les droits à considérer comme des postulats de l'idéal dans le sens du bien commun comme objectif à atteindre tels:

- Les droits des responsables soucieux du bien commun"⁵⁶

Sur le plan régional, il existe aussi différentes conventions:

Au plan continental on peut compter:

- La Convention européenne de sauvegarde des Droits de l'homme et des libertés fondamentales, adoptée le 04 novembre 1950 par le Conseil de l'Europe et entrée en vigueur en 1953
- La Convention américaine relative aux Droits de l'homme adoptée le 22 novembre 1969 par l'Organisation des Etats américains et entrée en vigueur en 1978
- La Charte africaine des Droits de l'homme et des Peuples adoptée le 27 juin 1981

A côté de cela, il faut relever les conventions thématiques à vocation Universelle telles:

- La Convention pour la prévention et la répression du crime de génocide, adoptée sous l'égide de l'ONU le 9 décembre 1948 qui est entrée en vigueur en 1951;
- La Convention relative à l'abolition de l'esclavage, de la traite des esclaves et des institutions et pratiques analogues à l'esclavage adoptée sous l'égide de l'ONU le 7 septembre 1948 et qui est entrée en vigueur en 1957;
- La Convention relative à l'élimination de toutes les formes de discrimination raciale adoptée le 21 décembre 1965 sous l'égide de l'ONU qui est entrée en vigueur en 1969;
- La Convention internationale sur l'élimination et la répression du crime d'apartheid adoptée sous l'égide des Nations Unies le 30 novembre 1973 et est entrée en vigueur en 1976;
- La Convention pour l'élimination de toutes les formes de discrimination à l'égard des femmes adoptées le 18 décembre 1979 et qui est entrée en vigueur en 1981;
- La Convention relative au statut de réfugié adoptée par l'Assemblée générale des Nations Unies le 28 juillet et entrée en vigueur en 1954;
- La Convention internationale des droits de l'enfant (CIDE), ou Convention relative aux droits de l'enfant adoptée par l'assemblée générale de l'ONU le 20 novembre 1989 et qui est entrée en vigueur le 07 septembre 1990;
- La Convention sur le droit de la femme adoptée en décembre 1979 et est entrée en vigueur le 03 septembre 1981

Enfin sur le plan interne, les Droits de l'homme sont protégés par la constitution et d'autres textes y relatifs comme le code pénal, le code civil, le code de la famille, le code foncier...

Une autre classification est celle d'IMBERT qui distingue:

1° Le Droit de l'homme à la liberté physique ou liberté individuelle qui comprend:

- a) La protection de l'autonomie individuelle (protection égale par la loi; personne n'est esclave, personne n'est considérée comme inférieure, droit de s'établir et de circuler
- b) La protection de la sûreté individuelle (qui écarte les mesures arbitraires de détention ou de privation de liberté)
- c) La protection de la propriété individuelle (droit de posséder);

2° Le Droit de l'homme à la liberté de pensée, qui englobe:

- a) La liberté d'opinion;
- b) La liberté d'expression (liberté de la presse, des spectacles, d'informations...);
- c) La liberté de religion (les cultes sont libres);
- d) La liberté de l'enseignement et le droit à l'instruction (obligation d'instruire les enfants, neutralité de l'école...)

3° Le Droit de l'homme à la vie collective qui inclut:

- a) La participation à la vie sociale (droit de réunion, liberté d'organisation des cortèges et manifestations, la liberté d'association...);
- b) La participation à la vie économique (droit au travail, liberté syndicale, droit de grève, protection sociale...) "⁵⁷

⁵⁶ Documentation catholique (DC), n°1896, 1985, p384

⁵⁷ IMBERT Cité par MOVA SAKANY, Op.cit., p37

3.2 CARACTÉRISTIQUES DES DROITS HUMAINS

Ici, il nous revient de retenir que les Droits de l'homme sont des droits universels, naturels, collectifs, subjectifs, individuels et gages de la dignité humaine tant au plan interne qu'international.

Par universalité, il faut entendre le fait que les Droits de l'homme concernent tous les individus sans distinction de race, de nationalité, de sexe. C'est autant admettre comme l'affirme MAURICE CRANSTON « les Droits de l'homme appartiennent à tous les hommes de toutes les époques »⁵⁸.

L'universalité l'est aussi par l'esprit de la charte de L'ONU qui déclare que les peuples des Nations Unies sont résolus à proclamer à nouveau leur foi dans les droits fondamentaux de l'homme dans la dignité et la valeur des Droits des hommes et des femmes ainsi que des Nations grandes ou petites. Ainsi donc, l'adoption des normes internationales à caractère universel s'est consacrée en faveur de la personne humaine.

Le caractère naturel des droits de l'homme s'origine dans sa naissance qui lui confère des droits et libertés inhérents à sa nature, et que quiconque ne peut méconnaître.

La subjectivité des droits de l'homme repose sur le fait que les Droits de l'homme sont des prérogatives reconnues à tout un chacun, indispensables pour son épanouissement: droit à la vie, droit au travail, droit à la santé, droit à la nourriture.

Les droits de l'homme sont collectifs en ce sens qu'ils sont garantis tant au plan interne qu'international et qu'ils concernent un individu ou un groupe d'individus. L'indivisibilité des droits de l'homme repose sur le fait que tous les droits font un pour l'homme. C'est inadmissible de lui reconnaître certains et de laisser tomber d'autres. Pour le plein épanouissement de l'homme tous les droits sont au même pied d'égalité.

Les Droits de l'homme constituent un gage de la dignité humaine en ce sens que nul n'a droit de vous empêcher d'en jouir sauf certaines restrictions prévues par la loi.

Dès lors il est aisé de comprendre l'affirmation de JEAN LOUIS COSPERI selon laquelle « la notion des Droits de l'homme (...) recouvre non seulement les libertés que l'on peut appeler classiques (sécurité individuelle, liberté de pensée et d'expression, participation à la vie politique par désignation des représentants (...)) mais aussi des droits économiques et sociaux tels que celui d'avoir un travail et de le choisir librement, celui de créer des associations et de se syndiquer, le droit de la santé, éducation, aux loisirs (...) interdictions raciales et sexistes »⁵⁹.

4 LES ÉTRANGERS ET LA PROMOTION DES DROITS HUMAINS

4.1 LES ÉTRANGERS DANS L'HISTOIRE

Dans l'Egypte pharaonique, l'afflux des étrangers dans la vallée du Nil à la suite du dessèchement du Sahara a donné naissance à une civilisation jamais connue jusqu'aujourd'hui, dans le monde. KIZERBO corrobore notre pensée en ces termes " (...) à partir de 3500 avant J.C (...) le climat de l'Afrique tropicale a commencé à se détériorer (...) les hommes comme les animaux gagnèrent les refuges constitués par les restes des lacs les plus vastes et par les fleuves les plus puissants (...) c'est alors que le Nil, prit l'immense valeur économique qu'il a conservée depuis lors (...) les hommes (...) affluèrent bientôt. Mais chaque siècle, puis bientôt chaque décennie, chaque année, amenait une vague nouvelle d'émigrants refoulés par la rigueur du désert ambiant et attirés par la réputation du fleuve bienfaiteur (...) en quelques siècles ainsi, les bords du Nil connurent une densité démographique exceptionnelle. Ces hommes entassés les uns sur les autres ne pouvaient plus vivre comme les familles éparpillées d'antan. Il fallut s'organiser. Les clans se taillèrent des secteurs dans la vallée. La récolte surabondante augmenta encore l'essor démographique mais permit de constituer des surplus qui servirent à payer les services de ceux qui étaient détachés (ou qui se détachèrent) pour s'occuper des intérêts du clan: chefs, prêtres, et leurs serviteurs, et dont certains se spécialisèrent dans l'épineuse question du bornage foncier. Il fallut mesurer pouce par pouce cette précieuse "terre noire"; début de l'arpentage et de la profession de scribe, ainsi que les premiers rudiments du calcul et de l'écriture (...). Toute une société nouvelle diversifiée et complexe jaillit ainsi du limon fertile du fleuve⁶⁰.

De cette illustration égyptienne, il ressort que la synergie des étrangers et des nationaux est contributive au développement. Mais, la décadence de l'Egypte pharaonique a été aussi l'œuvre des étrangers Hyksos, Hittites, Assyriens, Grecs, Romains.

⁵⁸ CRANSTON, M. ; "Qu'est-ce que les droits de l'homme ?", in *Anthologie des droits de l'homme*, Nouveaux Horizons, 1994, p30

⁵⁹ Cité par MOVA SAKANY, Op.cit., p36

⁶⁰ KIZERBO, J., *Histoire de l'Afrique noire*, Paris, Hâtier, 1978, pp63-64

De même, le génie Grec antique est le résultat d'une multi culturalité entre le brassage des autochtones et les achéens. MARSEILLE confirme notre pensée en ces termes: « A partir de 2000 avant J.C. des peuples venus d'Europe centrale envahissent la Grèce en plusieurs vagues. Ils se mêlent aux populations d'agriculteurs néolithiques déjà installés; ces premiers Grecs, les Achéens développent à partir de 1600 avant J.C une civilisation brillante qu'on appelle civilisation mycénienne »⁶¹.

Qu'on se souviennent à ce propos de la formation des cités, des colonies de peuplement et d'exploitation, de l'instruction léguée par les brillants philosophes Hérodote, Socrate, Platon, Aristote, du culte de Zeus et des jeux y afférents, de la démocratie,... Mais le déclin de la Grèce antique a été aussi l'œuvre des étrangers Perses « au début du V^{ème} siècle, un conflit dont les causes sont multiples va mettre aux prises (...) les Grecs et les Perses (...) la conquête perse menaçait la péninsule balkanique (...) les Grecs et les Perses avaient des croyances religieuses et des idées politiques trop différentes (...) pour la plus part des Grecs (...) l'idéal était la cité, c'est-à-dire un modeste Etat comprenant une ville et ses environs, et dont les habitants se gouvernaient eux-mêmes. Les souverains Perses, au contraire, cherchaient à édifier un empire. Pour eux, la liberté des sujets ne comptait guère devant l'autorité absolue du Grand Roi seul capable de maintenir l'unité d'un aussi vaste ensemble⁶² ». C'est autant admettre que Perses et Grecs étaient deux peuples avec deux conceptions de vie différentes. Et, « le moindre incident allait suffire pour faire éclater la guerre; et cet incident c'est la révolte des Grecs contre Darius en 500 avant J.C. qui déclenchant la première guerre dite de Marathon sous Darius et la seconde sous son fils Xerxès ⁶³ ». Et aussi « sur 163 ans, Athènes a été en guerre 120 ans, soit plus de deux années sur trois. Elle n'a jamais connu plus de 11 ans de paix consécutifs. Guerre atroce: le vainqueur à tous les droits sur les choses et sur les gens; il ravage la campagne, brûle les villes, tue ou vend les habitants; les marchands d'esclaves suivent l'armée ⁶⁴ ». La victoire autour de ces guerres fut alternative aux deux nations belligérantes.

Enfin, on peut aussi évoquer le cas de Rome antique qui est un brassage des Etrusques et des Latins à qui on doit l'organisation sociale ainsi que les canalisations d'eau. Ecrivant de leur impact dans le développement antique MARSEILLE déclare: « les Etrusques ont exercé une grande influence sur l'Italie (...) ce peuple dont les origines sont mal connues, avait une civilisation très brillante. (...) Ces Etrusques ont dominé Rome au VI^{ème} siècle avant J.C et les Romains leur doivent beaucoup. Ils ont édifié les premiers monuments de la ville, asséché les marais par la construction d'égouts, organisé la société romaine, et modifier la religion »⁶⁵.

Un autre rôle positif au développement devra être relevé à propos des esclaves et des commerçants. Les esclaves, généralement butins des guerres, étaient des étrangers. Ils constituaient la main d'œuvre gratuite. Et, à ce titre, il est un non-sens de ne pas relever leur impact dans la constitution des durs travaux, champs, édifices. Les commerçants furent généralement les étrangers impliqués dans le circuit économique.

C'est l'intégration des peuples barbares (les Germains, les Alains, Huns) qui fragilisent l'hégémonie romaine car trahison et pillages des villes romaines s'en suivent lorsqu'ils sont responsabilisés. « L'empire Romain (...) s'appauvrit au fil de temps, du fait des invasions barbares. Son économie est fragilisée. Lever les impôts aux quatre coins de l'empire devient compliqué à cause des invasions barbares. Comme la collecte d'impôt rentre mal, la levée des armées est difficile, la pression fiscale augmente. De plus, la corruption gangrène l'administration (...) au fil des siècles, la menace barbare se fait de plus en plus grande aux frontières de l'empire dont la superficie est énorme. Au début du V^{ème} siècle, l'empire Romain n'est peut empêcher la progression des peuples germaniques. Les Angles, les Saxons et les Jutes envahissent la Bretagne tandis que les Francs, les Vendales et les Suèves déferlent sur la Gaule. Les Wisigoths s'installent en Italie et attaquent l'Aquitaine et le Nord de l'Espagne. Les Vendales gagnent même l'Afrique du Nord... La Ville de Rome elle-même n'est pas épargnée elle est mise à sac par les Wisigoths (...) ⁶⁶ »

Il nous est impossible d'annoter une à une toute illustration dialectique de la lutte des contraires des actions des étrangers dans le monde antique. Ce qu'on peut retenir est que vraisemblablement les étrangers jouent à la fois un rôle positif et négatif quant au développement.

La situation du Moyen-Age nous est fournie dans les lignes qui suivent.

Le Moyen-Age commence avec la chute de l'Empire romain d'Occident résultat d'un brassage avec les vaincus. DORCHY et GYSEL déclarent à ce propos « les conquêtes de Rome avaient coûté bien du sang; par contre, elles apportèrent aux vaincus un bienfait inestimable, la paix romaine (pax Romana). Dans l'immense empire, les légions veillèrent à la sécurité des frontières et firent régner l'ordre et l'obéissance à l'empereur (...) progressivement la distinction entre vainqueurs et vaincus disparut. Au III^{ème} siècle, tous les

⁶¹ MARSEILLE, J., et alu, *Histoire géographie*, Paris, Nathan, 1986, p 176

⁶² HARMAND, L., et GENET, L., *Des origines au X^{ème} siècle*, Paris, Hatier, 1970, pp144-145

⁶³ HARMAND, L., et GENET, L., *Op.cit.*, pp145-147

⁶⁴ HARMAND, L., et GENET, L., *Op.cit.*, p176

⁶⁵ MARSEILLE, J et alu, *Op.cit.*, p204

⁶⁶ [Htpps://www.momes.net](https://www.momes.net) consulté le 12 octobre 2020

habitants libres de l'empire devinrent citoyens romains ⁶⁷». Et, ce sont les peuples germaniques fuyant les Huns qui occasionnèrent sa chute.

L'hégémonie de l'Empire romain d'Orient se heurta, aux invasions arabes, et turques qui le conquièrent. Mais à son tour, l'empire musulman fut anéanti par les Turcs, les Espagnols.

L'Empire Carolingien, lui, vit son apogée être altérée par les Normands, les Arabes, les Hongrois.

A la suite de ce déclin, le régime féodal prit naissance. On vit l'émergence, par le travail et l'affranchissement, des serfs alors étrangers jadis esclaves des guerres sans valeurs qui deviendront bourgeois géniteurs des villes, des libertés et de la technologie qui ont été utiles au monde depuis jusqu'aujourd'hui.

Au Moyen-Age, les cas des invasions romaines en Belgique est encore à mettre en exergue. Si, les Romains ont d'abord fait l'imposition par la violence de la Belgique alors Gaule, il faut noter que l'emprise du développement a été d'un indice remarquable. En effet pendant cinq cents ans de colonisation romaine, les Belges bénéficièrent de la construction des écoles, des chaussées, de même que l'utilisation des maisons en matériaux durables tels les briques, le mortier de ciment, les tuiles, dalle de marbre... Bref tout ce qui concourait à l'érection d'une habitation confortable.

La période les Temps Modernes fut caractérisée par des contributions individuelles des explorateurs étrangers. Portugais et Espagnols épris d'un double objectif: religieux (chasser les musulmans en Asie et en limiter la progression en Afrique) ou économique (recherche des matières premières et/ou précieuses et épices, esclaves aussi). L'on retiendra des noms célèbres des Portugais et Espagnols tels: «

- BARTOLOMEO DIAZ qui atteignit le Cap De Bonne Esperance en 1487;
- COVILHAM qui parcourut l'Egypte, les Indes, l'Ethiopie en 1487;
- VASCO DE GAMA qui atteignit les Indes en 1498;
- MAGEELAN qui fit le premier tour du monde en 1522;
- CHRISTOPHE COLOMB (Italien au service des Espagnols) qui découvrit en 1492 »⁶⁸

Dans les Arts, c'est nettement le droit au confort que nous légua l'Italien LEONARD DE VINCI. En effet, « Ingénieur et savant aux intuitions étonnantes, sculpteurs, peintre surtout, il a laissé une œuvre peu abondante, mais que l'on n'aura jamais fini d'interrogé. Dans ses peintures d'une composition parfaite (...) l'énigmatique sourire de personnage (...) l'emploi du clair-obscur et des teintes dégradées (...) donnent par-delà la réalité sensible l'impression du mystère (...) Léonard de Vinci, qui dédaignait les savoirs des humanistes place aux dessus des connaissances livresques, des théories, la pratique artisanale, la technique, (...) il proclame deux principes fondamentaux: la science doit recourir systématiquement à l'expérience; l'univers est soumis à des lois mathématiques »⁶⁹.

En médecine, le français AMBROISE PARE chirurgien des champs des batailles remplace dans les traitements d'hémorragie la cautérisation au fer rouge par la ligature des vaisseaux sanguins tandis que le bruxellois ANDRE VESALE nous fit bénéficier l'anatomie⁷⁰.

GALILEE à la suite de Copernic élargie les connaissances de l'astronomie en attestant que c'est la terre qui tourne autour du soleil⁷¹.

Ces découvertes, comme d'aucuns, peuvent s'en rendre compte, contribuèrent à la promotion des connaissances, et donc à une propension au droit de prendre part à la vie culturelle de la communauté (art 27 DUDH) d'une part et d'autre part à asseoir la gloire des bourgeois, qui s'investirent dans des mouvements commerciaux avec les Nouveaux Mondes en progressant du capitalisme marchand au capitalisme industriel. Ainsi naquit l'humanisme, c'est-à-dire la propension au respect du droit à la libre conscience dans les pensées.

L'exemple des Etats Unis d'Amérique est aussi à évoquer à l'actif des étrangers. En effet, « ce sont les immigrants Anglais, Hollandais, Suédois, Allemands, Français, Espagnols, Italiens et Portugais qui ont bâti ce pays qui est l'un des grands Etats du monde, épris, toute chose restant égale par ailleurs, des droits de tout un chacun dotés par le Créateur, droit à la vie, droit à la liberté, droit à la recherche du bonheur... Ainsi donc, la terre initiale des Indiens a bénéficié de l'apport sans précédent des étrangers qui l'ont hissé au développement »⁷².

L'Afrique n'est pas en marge du bénéfice des étrangers quoique civilisatrice antique de l'Humanité... Sport, arts, technologie, médecine, loisirs...tout cela procède de la culture étrangère mieux encore de la contribution étrangère. Bien plus, la République Démocratique du Congo n'est-il pas une expression de la minorité sociologique étrangère qui y a laissé des empreintes non négligeables

⁶⁷ DORCHY, H., et GYSELS, G.H., *Histoire tome 1, Moyen Age et Temps Modernes, Sciences et Lettres*, Liège, 1962

⁶⁸ AUBERT, A., DURIF, F., LABAL, P., et LOHRER, R., *Histoire 3^e*, Hachette, Paris, 1961, pp23-24

⁶⁹ AUBERT, A., DURIF, F., LABAL, P., et LOHRER, R., *Histoire 3^e*, Hachette, Paris, 1961, p72

⁷⁰ AUBERT, A., DURIF, F., LABAL, P., et LOHRER, R., *Op.cit.*, p72

⁷¹ AUBERT, A., DURIF, F., LABAL, P., et LOHRER, R., *Histoire 3^e*, Hachette, Paris, 1961, p146

⁷² Une Esquisse d'une histoire des Etats-Unis d'Amérique, services américains d'informations, 1987, SI, pp1-6

du développement nonobstant quelques dérapages observés dans ses phases évolutives d'exploration et d'implantation et/ou de mise en valeur de son espace.

C'est à ce titre qu'en RDC les expressions "Muzungu ni Mungu" "Muzungu ni mutoto wa maria (le Blanc est " Dieu", " le Blanc c'est l'enfant de la Sainte vierge Marie » se trouvent être légitimées pour marquer la contribution sinon le savoir-faire de l'homme blanc au bien être Africain et/ou Congolais.

Et toujours en RDC s'agissant du Katanga (Grand Katanga actuel) MARTELLI note à ce sujet " cette région, la plus désertique de la colonie et l'une des plus sauvages de l'Afrique centrale, se métamorphose en ce vaste complexe industriel que nous voyons de nos jours. Entre 1923 et 1929, le développement se poursuit à une allure vertigineuse. Aux fonderies et raffineries qui surgissaient partout où s'activaient les exploitations minières, s'ajoutèrent usines, centrales électriques, ateliers de réparation, laboratoires, etc. Pour loger le personnel européen et africain, toujours plus nombreux surgirent de terre de nouvelles cités avec leurs hôpitaux, leurs écoles, leurs missions... des industries connexes furent créées pour fournir les matières chimiques, l'électricité, le charbon, les produits des fermes et pour construire des immeubles. Jamais dans l'histoire de l'Afrique tropicale la vie d'une région n'a été aussi rapidement transformée"⁷³.

Comme on peut s'en rendre compte, tout cet effort des étrangers, a été contributif aux Droits humains des congolais: droit au bénéfice technologique, droit au confort, droit à l'alimentation descente, droit à la santé, droit à la scolarisation. Bref droit au bien-être.

Et, l'Administration de l'Union Minière du Haut-Katanga a encore nettement lutté en faveur de la promotion des Droits humains des congolais indigènes.

MARTELLI poursuit à ce sujet: "Réalisant ce que ce système avait de nuisible, l'Union Minière, introduisit en 1928", ce qu'on appelle "la politique de stabilisation". Son but était d'encourager le travailleur à s'établir avec sa famille à proximité du lieu de travail. On établit de nouvelles formes de contacts, pour une période minimum de trois ans, et on donna la préférence aux hommes mariés; on encourage la vie en famille en fournissant des maisons convenables, un service médical et des écoles gratuites pour les enfants, on introduisit une échelle de salaire pour promouvoir le perfectionnement individuel et une formation professionnelle dans les usines afin de former des ouvriers qualifiés. Bien que conçu à long terme, les heureux résultats de cette politique ne se firent pas attendre. À la fin de la première année le roulement du personnel « le turn over "était réduit d'un tiers; un an plus tard 45% des travailleurs étaient stabilisés; en même temps, le taux des naissances croissait, la santé s'améliorait grandement et la mortalité infantile, qui au début du siècle était de 150% tomba à 26%. Des dizaines de milliers de Noirs surtout de la brousse primitive, apprirent ainsi à manier un outillage, à observer une tenue descente, à élever des enfants sachant lire et écrire et, en général, à tenir dignement leur place dans une société moderne »⁷⁴.

Il ressort de cette illustration que les droits à fonder un foyer, au confort, à une formation, à une résidence, à la santé, à la dignité était d'absence déjà à cette époque coloniale. Et le président MOBUTU dans son discours programme du 12 décembre 1965 n'a-t-il pas mis en exergue la contribution des étrangers en ces termes: « avant l'indépendance, le Congo vendait ses produits à l'étranger et de la vente pouvait se retenir en devises 25 milliards de francs belges, aujourd'hui il ne vend plus que pour 17 milliards (...) ce sont les étrangers qui doivent procurer aux congolais le maïs et le riz dont ils ont besoin pour se nourrir et le coton dont ils ont besoin pour se vêtir. Le Congo le peut plus nourrir et vêtir ses propres fils »⁷⁵.

C'est autant admettre que le niveau de promotion des Droits humains notamment ceux relatifs à l'alimentation, à l'habillement a été mieux vécu à l'époque coloniale qu'après l'indépendance.

Examinons ci-dessous les droits des étrangers dans les textes de droit.

4.2 L'ÉTRANGER ET LE DROIT

Les droits de l'étranger se subordonnent à un espace et à une nationalité. L'espace est en même temps cause de rejet et d'intégration d'une personne. LOCHAK note à ce propos: « occupant des espaces étendus sur lesquels ils exercent leur contrôle, ils s'empressent en effet d'intégrer en leur sein les hommes qui s'y trouvent, tel l'empire romain, qui, à mesure qu'il incorpore de nouveaux territoires, incorpore aussi leurs habitants et en fait des sujets de l'empire. L'importance nouvelle de l'élément territorial dans la distinction indigène/étranger est attestée par le fait qu'est considéré comme romain quiconque vit dans un territoire conquis par Rome (...) les Barbares (...) sont considérés comme étrangers parce qu'ils viennent d'au-delà des frontières de l'Empire, des territoires non incorporés à l'Empire. Quant aux royaumes, l'espace délimité du royaume inclut les habitants qui sont sujets du roi »⁷⁶.

⁷³ MARTELLI, G. ; *De Léopold à Lumumba*, Paris, France empire, 1964, pp271-272

⁷⁴ MARTELLI, G., *Op.cit.*, pp271-272

⁷⁵ Books.google.cd consulté le 09 mars 2020

⁷⁶ LOCHAK, D., *Op.cit.*, p48

La nationalité c'est l'élément déterminant d'appartenance à un Etat selon certains éléments objectifs comme l'histoire, l'économie, l'idéologie, la langue, la religion, et certains éléments subjectifs comme le sentiment de vivre ensemble. La nationalité unifie une fois pour toutes, la conception de l'étranger, en ce sens que par elle, on est ou on n'est pas de l'Etat sous examen.

Mais il existe quelques restrictions quant à la superposition de nationalités, dans le cas d'un Etat fédéral ou coexistent à la fois « deux citoyennetés: la citoyenneté de l'Etat fédéré (...) et la citoyenneté fédérale qui amène à distinguer entre les étrangers de l'intérieur, originaires d'un autre Etat fédéré, et les étrangers véritables de l'extérieur (...) toutefois, la notion d'étranger de l'intérieur s'efface progressivement jusqu'à disparaître en droit à mesure que la fédération se consolide et que s'estompent les particularismes internes, en même temps que diminue l'autonomie des collectivités incluses »⁷⁷.

Une autre restriction à signaler est l'élargissement de la nationalité des pays colonisateurs aux habitants des pays colonisés lors des indépendances. La situation a été pareil à celles des empires antiques grecs et romains qui incorporaient les habitants des terres conquises comme parties intégrantes de leurs empires. En effet, « dans le cas de l'empire colonial français (...) pendant la période coloniale (...) il n'y a en principe qu'une nationalité pour les habitants de la métropole comme des colonies: les uns comme les autres sont français, et les autochtones des territoires sous domination française du moins ceux soumis au système de l'administration directe ne sont pas considérés, juridiquement parlant, comme des étrangers sur le territoire métropolitain, en dépit des discriminations dont ils sont l'objet »⁷⁸.

Dans l'empire britannique, « depuis l'acte d'Union de 1707, il n'y a plus qu'une nationalité britannique, étendue plus tard à l'ensemble des colonies, puis aux dominions. Au début du XX siècle, toute personne née sur un territoire possession de la couronne est donc sujet britannique, puisqu'il n'y a dans l'Empire qu'une seule nationalité; mais cette nationalité unique n'entraîne pas des droits identiques dans tous les pays de l'empire et laisse notamment intact le droit de chaque pays d'interdire ou de restreindre l'accès à son territoire des habitants d'autres pays membres du Commonwealth »⁷⁹.

Des considérations ci-dessus il apparaît que deux éléments sont fondamentaux pour se faire désigner juridiquement membre et/ou non membre d'un groupe social dit Etat: d'une part le sang c'est-à-dire la filiation mieux identifiée par les vocables jus sanguinis pour justifier qu'on est membre d'un groupe social si les ascendants y ont été membres et l'attachement à l'espace d'autre part mieux connu sous les vocables jus soli qui signifie qu'on est membre du groupe aussi longtemps qu'on y est né ou vécu à la limite.

4.3 LES ÉTRANGERS DANS LES TEXTES JURIDIQUES

4.3.1 LES ÉTRANGERS DANS LES INSTRUMENTS INTERNATIONAUX DES DROITS HUMAINS

Il s'agira ici de parcourir les obligations et les droits de l'étranger à travers certains textes universels des droits humains en vue de saisir son engagement dans le processus de développement des Etats.

Nous examinerons tour à tour la Charte des Nations Unies; la Déclaration Universelle des Droits de l'homme; la Déclaration sur le progrès et le développement dans le domaine Social, la Déclaration Universelle pour l'élimination définitive de la faim et de la malnutrition, la Déclaration sur l'utilisation du progrès de la science et de la technique dans l'intérêt de la paix et au profit de l'humanité, la Déclaration sur le droit au développement.

4.3.1.1 LES ÉTRANGERS DANS LA CHARTE DES NATIONS UNIES

La Charte des Nations Unies s'adresse " aux peuples des Nations Unies " et, à ce titre donc, ses destinataires sont les citoyens du monde des différents Etats. Nationaux et étrangers sont donc tous interpellés.

Mais, l'interpellation sinon l'implication de l'étranger dans le développement et donc dans la promotion des droits humains est évoqué par « la coopération internationale » du chapitre premier de la Charte des Nations-Unies qui nous instruit dans son paragraphe 3 un peu plus à ce sujet à: " réaliser la coopération internationale en résolvant les problèmes internationaux d'ordre économique, social, intellectuel ou humanitaire, en développant et en encourageant le respect des droits de l'homme et des libertés fondamentales pour tous, sans distinction de race, de sexe, de langue ou de religion ".

Et, le chapitre IX en son article 55 stipule pour sa part.

" (...) les Nations-Unies favoriseront:

⁷⁷ LOCHAK, D., *Op.cit.*, p52

⁷⁸ LOCHAK, D., *Op.cit.*, p53

⁷⁹ LOCHAK, D., *Op.cit.*, p54

- a. Le relèvement des niveaux de vie (...)
- b. La solution des problèmes dans les domaines économique, social (...)
- c. Le respect universel et effectif des Droits de l'homme (...)

A travers cet extrait contenant la fonction interactionnelle référentielle, l'engagement des Nations Unies, partant de la personne humaine quelle qu'elle soit, citoyenne, étrangère est donc de travailler en faveur de l'érection d'un monde meilleur pour tous.

En définitive, le mandat de tout Etat quel qu'il soit étant de promouvoir le bien-être de tous sur la planète; il en va de soi que les hommes de ces Etats se soient mobilisés pour la même cause. Et, c'est à ce titre là que les vocables "famille humaine, dignité de la personne humaine, Nations Unies" utilisés dans les textes internationaux de promotion des Droits humains auront un sens car ils traduisent l'unité historique de l'origine humaine.

4.3.1.2 LES ÉTRANGERS DANS LA DÉCLARATION UNIVERSELLE DES DROITS DE L'HOMME

La Déclaration Universelle des Droits de l'homme faisant suite à la Charte des Nations Unies concerne tous les êtres humains de différents Etats.

Comme la Charte des Nations Unies, elle ne contient pas explicitement le terme étranger; mais, l'article 13 alinéa 2 et l'article 14 alinéa 1 consacrant la liberté de mouvement de chaque personne en dehors de son pays consacrent ainsi le statut de l'étranger.

"Toute personne a le droit de quitter tout pays, y compris le sien (article 13 alinéa 2) " (...) devant la persécution, toute personne a le droit de chercher asile et de bénéficier de l'asile en d'autres pays (article 14 alinéa 1). "

4.3.1.3 LES ÉTRANGERS DANS LA DÉCLARATION SUR LE PROGRÈS ET LE DÉVELOPPEMENT DANS LE DOMAINE SOCIAL

Le préambule de cette déclaration nous fait ressortir que le bien être mondial gage de la promotion des droits humains est une priorité à atteindre à tout prix par tous les Etats soit individuellement soit en concertation comme le témoigne le préambule dans son alinéa 1.

"Conscient de l'engagement que les Membres de l'Organisation des Nations Unies ont pris (...) d'agir tant conjointement que séparément (...) pour favoriser le relèvement des niveaux de vie (...) ». [Préambule alinéa 1].

Il ressort de ce syntagme assorti de la fonction interactionnelle référentielle qui apparaît par la troisième personne " ont " que les Représentants des Etats réunis pour cette cause se sont obligés de promouvoir délibérément l'amélioration des conditions de vie en synergie ou individuellement. C'est pourquoi l'assemblée fait usage des expressions comme " (...) " conjointement " (...) " Coopération" pour marquer l'implication des autres Etats membres.

C'est autant admettre qu'il y a toujours le même esprit qui anime les membres réunis en plénière; le mieux-être de l'homme avec l'appui de tous, étranger comme natif.

Aussi, le paragraphe 5 du préambule assoit toujours l'idée d'implication étrangère dans la quête du bien être national ou international. Ce qui constitue encore une fois par intersubjectivité symbolique un appel à la conscience de chaque citoyen du monde à s'investir dans le redressement des conditions de vie.

" Convaincue que l'homme ne peut satisfaire pleinement ses aspirations que dans un ordre social juste et qu'il est, pour conséquent; d'une importance capitale d'accélérer partout dans le monde le progrès social et économique, contribuant ainsi à assurer la paix et la solidarité internationale ".

Dans cette unité linguistique renfermant la fonction interactionnelle référentielle exprimée par la troisième personne du singulier des verbes "pouvoir" et "être" ainsi que le possessif "ses", le locuteur qu'est l'ONU fait transparaître l'idée selon laquelle, le bien être de tout homme où qu'il soit est une garantie de la tranquillité mondiale. C'est pourquoi l'étranger doit être artisan de l'amélioration des conditions existentielles où qu'elles soient hostiles.

Plus loin encore, l'article 9 de la Déclaration susdite note "la communauté internationale tout entière doit se préoccuper du progrès social et du développement social et doit compléter, par une action internationale concrète, les efforts entrepris sur le plan national pour élever le niveau de vie des populations ".

La fonction interactionnelle référentielle contenue dans cette phrase est indiquée par le verbe " doit " qui marque une obligation, un ordre à faire par tous les Etats du monde sans exception pour améliorer le vécu des êtres humains vivant dans des conditions infra humaines. C'est autant admettre que pour l'ONU le bien être pour tous doit être considéré comme un bien mondial.

D'où l'article 1 qui explicite nettement: " tous les peuples, tous les êtres humains, sans distinction de race, de couleur, de sexe, de langue, de religion, de nationalité; (...) ont le droit de vivre dignement et de jouir librement des fruits du progrès social et doivent, pour leur part, contribuer à ce progrès ".

L'engagement du locuteur autour des conditions sociales dont il parle est attesté d'une part par le pronom indéfini " tous " qui évite les restrictions ou exclusions; et de les verbes " ont " et " doivent " qui renvoient à l'appropriation du bien-être, à l'obligation d'y concourir d'autre part.

4.3.1.4 DÉCLARATION UNIVERSELLE POUR L'ÉLIMINATION DÉFINITIVE DE LA FAIM ET DE LA MALNUTRITION

Elle fait suite à la Conférence mondiale sur l'alimentation adoptée par l'Organisation des Nations Unies le 16 novembre 1974. L'intérêt que nous avons relevé qui enjoint toute la communauté internationale à s'impliquer dans la lutte contre la faim où qu'elle soit se localise dans les motivations du préambule où la crise alimentaire est comprise comme violation du droit à la vie et à la dignité humaine. De même les causes de la faim sont adressées à la colonisation et néo-colonisation ainsi qu'à la désarticulation de l'économie mondiale. C'est pourquoi, il est logique voire légitime que les Etats vecteurs de ce fléau s'associent avec les Etats affamés pour l'éradiquer.

L'engagement mieux encore l'interpellation de l'étranger de partout où il se trouve pour effacer la faim se conçoit aisément lorsqu'on se rapporte au paragraphe deuxième du préambule qui s'appuie sur la fonction interactionnelle référentielle mise à nu par la troisième personne " sont " ainsi que l'indéfini " toutes ". Cela laisse transparaître que le résultat escompté dans le concert des Etats modernes est l'alimentation pour tous avec le concours de tous.

Par principe d'intersubjectivité symbolique l'étranger se doit impérativement être concerné dans la lutte contre le sous-développement, partant de la lutte contre la faim dans un climat de paix et de justice. C'est dans ce sens que devrait être décortiquée l'unité significative évoquée ci-haut que nous étalons ci-dessous: " l'élimination de la faim et de la malnutrition (...) et l'élimination des causes responsables de cette situation sont les objectifs communs de toutes les nations ".

Plus explicite encore est la Conférence Mondiale de l'alimentation qui note en son article 1 " chaque homme, femme et enfant a le droit inaliénable d'être libéré de la faim et de la malnutrition (...) l'élimination définitive de la faim est un objectif commun de tous les pays de la collectivité internationale notamment des pays développés et des autres Etats en mesure de fournir une aide ".

4.3.1.5 DÉCLARATION SUR L'UTILISATION DU PROGRÈS DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE DANS L'INTÉRÊT DE LA PAIX ET AU PROFIT DE L'HUMANITÉ

L'alimentation est tributaire de la technique qui en assure soit une production abondante soit une conservation adéquate soit encore une circulation facile et rapide. La technique par les mass media nous fournit avec précision les sources d'approvisionnement de notre nourriture. D'un point à un autre de l'espace terrestre, les techniques sont différenciées; voilà qui explique l'implication de l'étranger dans la promotion de l'alimentation mondiale par la technologie.

Aussi, en dépit des aspects négatifs que peut revêtir la technique, les apports positifs ne peuvent être ignorés. L'Assemblée Générale de l'ONU à ce propos le déclare en ces termes; " Tous les Etats doivent favoriser la coopération internationale afin d'assurer l'utilisation des résultats du progrès de la science et de la technique dans l'intérêt du renforcement de la paix et de la sécurité internationales, de la liberté et de l'indépendance ainsi qu'aux fins du développement économique et social des peuples et en vue de garantir les droits et les libertés d'homme conformément à la Charte des Nations Unies ". [Article 1 de la Déclaration sur l'utilisation du progrès de la science et de la technique dans l'intérêt de la paix et au profit de l'humanité].

L'obligation des Etats à cette fin l'est aussi comme d'aucuns l'ignorent, par principe d'intersubjectivité symbolique, pour les habitants. C'est à ce titre donc que l'étranger se trouve être interpellé dans le transfert de technologie pour induire la promotion des conditions de vie de moins élaborées au plus élaborées.

4.4 LES ÉTRANGERS DANS LES CONSTITUTIONS DES ETATS

Il faut relever que les Etats consacrent dans leurs constitutions les dispositions relatives en droits humains. Par ricochet donc, ils s'intéressent de façon tacite aux étrangers car les droits humains s'intéressent à toute personne sans distinction d'origine, de race ni de genre. Mais à titre illustratif, nous pouvons citer les constitutions de la RDC de 2003, 2006 et 2011 qui stipulent expressément.

4.4.1 LES ÉTRANGERS DANS LA CONSTITUTION DE TRANSITION DE 2003

C'est le préambule qui réfère de façon voilée aux étrangers par son attachement d'abord à la Déclaration Universelle des Droits de l'homme et ensuite par son adoption des instruments internationaux et régionaux de l'ONU, et de l'Union Africaine.

Aussi, il ne serait pas vain d'évoquer dans le même ordre des idées les articles 15,16, 18, 19, 20, 21, 26, 27, 28, 34 qui expriment de façon générale les libertés publiques et droits reconnus à tout un chacun tels: les droits à la vie, à la dignité de conscience.

On peut prendre en considération également les articles 181 à 184 qui font allusion aux Traités et Accords internationaux relatifs au commerce, aux Organisations internationales, aux conflits qui impliquent l'intervention des étrangers dans les affaires intérieures.

Expressément ce sont les articles 35, 36 et 75 qui emploient le vocable étranger respectivement - en référence du droit d'asile reconnu aux étrangers et par protection des investisseurs privés nationaux et étrangers, accréditation des Ambassadeurs et Envoyés extraordinaires des pays étrangers.

Passons maintenant aux étrangers dans la constitution de 2006.

4.4.2 LES ÉTRANGERS DANS LA CONSTITUTION DE 2006

Comme dans la constitution précédente, c'est le préambule qui réfère implicitement aux étrangers par son articulation d'une part sur la Déclaration Universelle des Droits de l'homme, la Charte Africaine des Droits de l'homme et des peuples ainsi qu'aux divers textes internationaux de Droits de l'homme; et d'autre part à la coopération internationale.

Il en est de même:

- De l'article 11 qui dispose sans discrimination d'origine, de race que *"Tous les êtres humains naissent libres et égaux en dignité et en droits"*
- De l'article 16 qui conçoit que *"la personne humaine est sacrée (...) toute personne a droit à la vie, à l'intégrité physique ainsi qu'au libre développement de sa personnalité (...) "*. Mais, ce sont les articles 32; 33; 35 qui emploient clairement le vocable étranger
- *"Tout étranger qui se trouve légalement sur le territoire national jouit de la protection accordée aux personnes et à leurs biens (...) (art 32) "*
- *" la RDC accorde (...) L'asile sur son territoire aux ressortissants étrangers (...) (art 33) "*
- *"L'Etat garantit le droit à l'initiative privée tant aux nationaux qu'aux étrangers (art 35) "*

Examinons dans les lignes suivantes les réflexions sur les étrangers dans la constitution de 2011.

4.4.3 LES ÉTRANGERS DANS LA CONSTITUTION DE 2011

Dans la constitution susdite, la référence aux étrangers s'aperçoit par l'affirmation de l'adhésion du Législateur Congolais aux textes internationaux d'abord puis à l'énonciation des articles énonçant les prérogatives d'ordre général concernant tous les habitants du territoire national. Ainsi donc, de façon implicite, le préambule réfère aux étrangers par son renvoi à la Déclaration Universelle des Droits de l'Homme, la Charte Africaine des Droits de l'Homme et des peuples, aux Conventions des Nations Unies sur les droits de l'Enfant, de la femme, à l'attachement à la coopération internationale. [Préambule alinéa 6]. De même, les articles 11,16,17,18,19,22,23,24,28,30,31,33, s'adresse indistinctement à tous les humains sans référence à la nationalité. C'est pourquoi leurs énonciations sont rendues par les pronoms indéfinis " tout", " nul", « personne » qui expriment la fonction interactionnelle référentielle qui assoie nettement l'importance du message véhiculé au sujet des valeurs, des qualités, qui constituent des indications normatives à observer par l'Etat et ses services à l'égard de tout un chacun national comme étranger.

Par ailleurs, la mise en évidence des Traités et Accords internationaux font aussi preuves de l'implication des étrangers dans le développement des Etats. Explicitement, le terme étranger est contenu dans l'article 32 et lui accorde tous les égards quant à sa personne et à sa propriété telles que reconnues aux étrangers *" Tout étranger qui se trouve légalement sur le territoire national jouit de la protection accordée aux personnes et à leurs biens (...) "*.

En définitive, il nous revient de conclure que les constitutions congolaises garantissent non seulement les droits fondamentaux des étrangers en tant que personne humaine devant jouir du droit à la vie, à la dignité, à l'alimentation mais aussi les droits économiques et sociaux. Et, par voie de conséquence, ces droits ne seraient que lettres mortes si certains devoirs ne leurs sont pas enjoint:

- Respect de l'intégrité territoriale;
- Soumission aux lois du pays;
- Respect de la souveraineté;
- Promotion de la paix, du développement

5 CONCLUSION

Au cours de ces réflexions, nous nous sommes préoccupés à établir la correspondance entre étrangers et droits humains. Il s'est avéré qu'au cours de l'histoire, depuis jusqu'à ce jour, l'étranger, cette personne mise à la marge dans le milieu humain d'accueil a joué aussi bien un rôle positif, favorable au développement du groupe d'accueil, qu'un rôle négatif défavorable au progrès du milieu hôte.

Ce faisant, en dépit d'une part des textes juridiques nationaux comme internationaux accordant un statut social digne à la catégorie sociale sous examen et son savoir, savoir-faire et/ou savoir-être avérés d'autre part, la pratique sociale dans les Etats interpelle plus d'une conscience: l'étranger est le non-national en proie aux discriminations.

REFERENCES

- [1] www.internaute.com, dictionnaire.
- [2] www.larousse.fr/dictionnaire/français.
- [3] AUBERT, A., DURIF, F., LABAL, P., et LOHRER, R., *Histoire 3^e* Hachette, Paris, 1961.
- [4] CRANSTON, M.; «Qu'est-ce que les droits de l'homme ?», in *Anthologie des droits de l'homme*, Nouveaux Horizons, 1994.
- [5] DORCHY, H., et GYSELS, G.H., Histoire tome 1, Moyen Age et Temps Modernes, Sciences et Lettres, Liège, 1962.
- [6] FROMONT J.J., *Le schéma sociologique*, Bruxelles, éditions Labor, 1976.
- [7] HARMAND, L., et GENET, L., *Des origines au X^{ème} siècle*, Paris, Hatier, 1970.
- [8] KIZRBO, J., *Histoire de l'Afrique noire*, Paris, Hâtier, 1978.
- [9] LECLERC, B. et PUCELLA, S.: *Les conceptions de l'être humain théories et problématiques*, Québec, éditions du Renouveau Pédagogique, 1993.
- [10] LOCHAK, D., *Etrangers: de quel droit ?* Paris, Presses Universitaires de France, 1985.
- [11] MARSEILLE, J., et alu, *Histoire géographie*, Paris, Nathan, 1986.
- [12] MARTELLI, G.; *De Léopold à Lumumba*, Paris, France empire, 1964.
- [13] MOVA SAKANY, Droit international humanitaire protection des victimes de guerre ou droit d'ingérence, Kinshasa, Safari, 1998.
- [14] Pascal SUNDI MBAMBI, « Comprendre la Xénophobie en Afrique du Sud » in *Congo Afrique* N°428, Octobre 2008.
- [15] Charte internationale de droit de l'homme, fiche d'information n°2.
- [16] Documentation catholique (DC), n°1896, 1985.
- [17] Une Esquisse d'une histoire des Etats-Unis d'Amérique, services américains d'informations, 1987.

Analyse des coûts directs des soins de santé chez les enfants de moins de 5 ans dans les hôpitaux de Lemera, Walungu et Ibanda au Sud - Kivu, en République Démocratique du Congo

[Analysis of children under 5 years' direct costs of health care in Lemera, Walungu and Ibanda' hospitals in South - Kivu, in the Democratic Republic of Congo]

Terry Kakisingi¹, Guillaume Bidubula¹, Elsie Karemere², Samuel Makali¹, and Hermès Karemere¹

¹Ecole Régionale de Santé Publique, Université Catholique de Bukavu, Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

²Chercheure indépendante, Montréal, Québec, Canada

Copyright © 2023 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:* Financial inaccessibility to health services is aggravated in some health zones by armed conflicts. This study analyzes the direct costs of care for children under 5 years old based on the Integrated Management of Childhood Illness approach (PCIME). It compares the direct costs of care with the solvency of the care bill issued according to the pricing applied in hospitals in three health zones (Ibanda, Walungu and Lemera) in South Kivu, in the Democratic Republic of Congo. This province has been experiencing recurrent armed conflicts for thirty years. *Methodology:* The study is comparative cross-sectional, conducted from January to December 2018 in hospitals and health centers in the health zones of Ibanda, Walungu and Lemera in South Kivu. Data collection mainly relied on documentary review (patient files, hospital registers, laboratory registers, cash books and issued invoices). Data analysis was performed using Excel 2016 and SPSS software. The frequencies, the proportions and the median were identified. The comparison of the proportions was carried out. A logistic regression model testing the associations was applied and one-way analyses of variance or Pearson's correlation test were performed for the observed variations. *Results:* The direct cost of health care for children under 5 years old remains high, although the cost of care for the majority of pathologies is less than or equal to \$US50 ($p < 0.001$). The cost of hospitalization per episode of care ($\leq$ \$US78) represents the highest cost in the Ibanda Health Zone (ZS) for a non-flat rate. The cost of drugs remains higher ($\leq$ \$US20) in the HZ of Lemera, which is more unstable for a flat rate ($p < 0.001$). Households pay 82% of bills. The insolvency of healthcare bills is predominant (89.9% in the rural Health Zone of Lemera with a flat rate ($p < 0.001$)). Certain socio-demographic factors (age of the patients, level of education and socio-professional situation of the parents) explain 48% of the directly proportional increase in the cost of care ($p < 0.001$); while the evolution of the cost is inversely proportional from the rather stable urban Health Zone of Ibanda with non-flat rate to the rural Health Zones of Walungu and Lemera respectively stable and unstable all applying a flat rate ($p = 0.018$). *Discussion and Conclusion:* Crisis situations have a negative impact on health care costs for children in South Kivu, especially those who are vulnerable. There are, however, differences in the cost of care observed according to the Health Zones in crisis. We recommend a further study including several health zones and dealing with quantitative and qualitative aspects in order to analyze and adapt primary health care financing strategies.

KEYWORDS: Direct cost of care, Solvency, Children under 5 years old, Financial access to care, South Kivu, Democratic Republic of Congo.

RESUME: *Introduction:* L'inaccessibilité financière aux services de santé est aggravée dans certaines zones de santé par des conflits armés. La présente étude analyse les coûts directs des soins des enfants de moins de 5 ans en se basant sur l'approche PCIME (Prise en Charge Intégrée des Maladies de l'Enfance). Elle compare les coûts directs des soins à la solvabilité de la facture

de soins émise selon la tarification appliquée dans les hôpitaux des zones de santé d'Ibanda, Walungu et Lemera au Sud-Kivu, en République Démocratique du Congo, faisant face à des conflits armés récurrents depuis une trentaine d'années. *Méthodologie:* L'étude est transversale comparative, menée de janvier à décembre 2018 dans les hôpitaux et centres de santé des zones de santé d'Ibanda, Walungu et Lemera au Sud-Kivu. La collecte des données a recouru essentiellement à la revue documentaire (dossiers des patients, registres d'hospitalisation, registres de laboratoire, livres de caisse et factures émises). L'analyse des données a été réalisée à l'aide des logiciels Excel 2016 et SPSS. Les fréquences, les proportions et la médiane ont été dégagées. La comparaison des proportions a été effectuée. Un modèle de régression logistique testant les associations a été appliqué et les analyses de variance à un facteur ou de test de corrélation de Pearson ont été réalisées pour les variations observées. *Résultats:* Le coût direct de soins de santé chez les enfants de moins de 5 ans reste élevé bien que le coût des soins de la majorité des pathologies soit inférieur ou égal à 50\$US ($p < 0,001$). Le coût d'hospitalisation par épisode des soins (≤ 78 \$US) représente le coût le plus élevé dans la Zone de Santé (ZS) d'Ibanda pour un tarif non forfaitaire. Le coût de médicaments reste plus élevé (≤ 20 \$US) dans la ZS de Lemera, plus instable pour un tarif forfaitaire ($p < 0,001$). Les ménages payent 82% des factures. L'insolvabilité de factures de soins est prédominant (89,9% dans la ZS rurale de Lemera avec un tarif forfaitaire ($p < 0,001$)). Certains facteurs sociodémographiques (âge des patients, niveau d'instruction et situation socioprofessionnelle des parents) expliquent à 48% l'augmentation directement proportionnelle de coût de soins ($p < 0,001$); tandis l'évolution du coût est inversement proportionnel de la ZS urbaine d'Ibanda plutôt stable avec tarif non forfaitaire aux ZS rurales de Walungu et Lemera respectivement stable et instable appliquant toutes un tarif forfaitaire ($p = 0,018$). *Discussion et Conclusion:* Les situations de crises impactent négativement sur les coûts de soins de santé des enfants au Sud-Kivu, en particulier ceux vulnérables. Il néanmoins des différences de coût de soins observées selon les ZS en crise. Nous recommandons une étude ultérieure incluant plusieurs zones de santé et traitant des aspects quantitatifs et qualitatifs afin d'analyser et d'adapter les stratégies de financement des soins de santé primaire.

MOTS-CLEFS: Coût direct de soins, solvabilité, enfants de moins de 5 ans, accès financier aux soins, Sud-Kivu, République Démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

La province du Sud Kivu à l'Est de la RDC est en proie à des guerres récurrentes et des conflits armés depuis 1996 [1]. Cette situation a entraîné des millions de morts, le déplacement des populations avec la présence massive des réfugiés et déplacés et la destruction des infrastructures de base (routes, ponts, ports, écoles, unités médicales,...) et économiques (usines, champs, élevage,...). La persistance de l'insécurité influe négativement sur le revenu mensuel moyen des ménages dans les zones de santé les plus touchées [2].

A l'instar des autres provinces de la RDC, le Sud-Kivu est affecté dans le secteur sanitaire par l'insuffisance d'infrastructures sanitaires et de personnel. La mortalité infantile (> 92 %) et celle infanto-juvénile y demeurent élevées [3]. L'état nutritionnel de plusieurs enfants est assez critique, à côté de l'accès limité de la population à l'eau potable. Cette dernière situation aggrave la survenue des maladies d'origine hydrique qui figurent parmi les causes de mortalité et de morbidité.

Dans le rapport intitulé "Tracking Universal Health coverage: 2017 Global Monitoring report", il ressort que la moitié de la population de la planète n'a pas d'accès aux services de santé essentiels. Chaque année un nombre considérable de familles sont plongées dans la pauvreté en raison des dépenses de santé qu'elles doivent régler directement [4]. Malgré des signes encourageants perceptibles dans certains domaines d'accès aux soins comme la vaccination, la planification familiale, le traitement aux antirétroviraux et l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticide, des inégalités persistent: les services de santé sont fragmentaires en Afrique sub-saharienne et en Asie méridionale, la couverture sanitaire demeure faible dans certains pays [4-6], d'immenses besoins en santé demeurent insatisfaits [7].

Le droit à la santé et à la protection sociale étant des principes universellement reconnus, la plupart de sociétés s'accordent sur l'importance de créer des conditions favorables à l'accès à la santé des populations [8, 9]. L'initiative de Bamako a introduit des réformes dans le système public de santé en Afrique qui ont contribué à transférer la part la plus importante du coût de la santé sur les ménages, devenant ainsi le premier acteur du financement du secteur de la santé [10]. L'Initiative de Bamako a permis ainsi l'instauration du système de recouvrement des coûts et a entraîné une désaffectation des structures sanitaires par les populations particulièrement celles à faibles revenus [11]; une certaine confiance des usagers dans les services publics de santé a été restaurée.

Bien que le revenu du ménage joue un faible rôle dans la motivation à utiliser une formation sanitaire moderne en zone urbaine, le revenu du ménage est un des déterminants les plus significatifs de l'accès aux services de santé modernes en zone rurale. Les relations observées entre le revenu et la demande des soins de santé en zone rurale, où l'essentiel des soins de santé sont subventionnés, suggèrent que les plus nantis des zones rurales capturent une plus grande part des subventions publiques que les plus pauvres. Cette situation est aussi prévalent en zones urbaines où le niveau des subventions publiques est plus élevé: elle est opérée dans le cadre urbain, cependant, par l'accès différentiel des groupes socio-économiques aux soins aux coûts élevés des établissements tertiaires [12]

Selon une étude réalisée en 2005 en RDC, les ménages ont dépensé en moyenne 18,1\$US pour se faire soigner par épisode maladie. Cette dépense moyenne pour la santé représente environ 16% des dépenses globales moyenne déclarés par les ménages et 23% du revenu moyen déclaré. Il ressort de cette étude que le coût moyen d'un épisode maladie au niveau de l'hôpital est de 63\$US et 7,8\$US pour le centre de santé. Ce coût est respectivement de 22,3\$US et 12,8\$US pour une polyclinique privée et pour un dispensaire privé [13]. Bien que le coût moyen d'un épisode maladie reste moins élevé au centre de santé par rapport aux autres structures de santé modernes, il nous semble au contraire être exorbitant en le comparant au revenu moyen du ménage.

Une autre étude menée sur la prise en charge du coût des soins d'un épisode du paludisme dans la zone de santé de Miti-Murhesa chez les enfants de moins de 5 ans, en RD Congo, montre que le coût direct de prise en charge du paludisme est plus élevé en hospitalisation avec une moyenne de $10,7 \pm 5$ \$US suivi de celui de la consultation avec une moyenne de $1,7 \pm 1,3$ \$US [14, 15]

Au vu de ce qui précède, nous nous sommes proposés de mesurer les coûts directs des soins de santé auprès des structures sanitaires, concernant les pathologies de l'enfance telles que regroupées dans la prise en charge intégrée des maladies de l'enfance, dans les hôpitaux de Lemera, de Walungu et d'Ibanga au Sud-Kivu. Les informations tirées de cette étude permettront une meilleure connaissance de la problématique de soins de santé chez les enfants de moins de 5 ans, car très peu d'études y relatives ont été conduites au courant de ces 10 dernières années au Sud-Kivu.

2 METHODOLOGIE

2.1 DESCRIPTION DU MILIEU D'ÉTUDE

Le système de santé en RD Congo est pyramidal avec comme unité opérationnelle la zone de santé (ZS). Chaque zone de santé est recoupée en aire de santé (AS) qui comporte chacune un centre de santé (CS). Ces CS réfèrent les malades graves à l'hôpital général de référence (HGR) de la ZS. Dans certaines ZS, il existe des structures de santé facultatives entre le CS et l'HGR comme des centres hospitaliers (CH).

Notre milieu d'étude était constitué de 3 ZS de la province du Sud-Kivu (Est de la RD Congo), choisies selon leurs différences en termes de situation sécuritaire et région (rurale ou urbaine): les ZS de Lemera, Walungu et Ibanga. Les deux premières ZS sont rurales avec des réalités sécuritaires différentes. La population dans ces ZS a comme sources principales de revenus l'agriculture, l'élevage et le petit commerce (avec particularité d'exploitation minière artisanale à Walungu) [17, 18]. La ZS d'Ibanga par contre est urbaine dont la plupart des personnes sont des salariés. Les pathologies les plus dominantes en termes de morbi-mortalité chez l'enfant de moins de 5 ans dans ces ZS sont le paludisme sévère compliqué d'anémie, la malnutrition aiguë sévère (surtout en milieu rural) et les infections des voies respiratoires. Dans la ZS d'Ibanga s'ajoute également d'autres types d'infections comme les infections urinaires.

Le tableau suivant décrit les trois ZS sur le plan sanitaire, sécuritaire et de types de tarification des soins de santé appliqués dans les structures de santé:

Tableau 1. Description des zones de santé de Lemera, Walungu et Ibanda

Zone de santé	Population (habitants)	Situation sécuritaire	Nombre d'AS/CS	Structures intermédiaires et secondaires	Type de tarification des soins et autres observations
Lemera	183.108	En conflits armés depuis > 3 décennies	24	- 1 HGR - 5 CH	- Tarification forfaitaire via l'Agence d'Achat de Performance jusqu'au début de l'année 2019
Walungu	276.755	En post-conflict	25	- 1HGR - 2 CH	- Des études ont noté séquestration des malades dans des structures non médicales dans cette ZS [17, 18] - Tarification forfaitaire des soins
Ibanda	438.999		16	- 1 HGR - 6 CH	- Tarification par acte - Existence d'un réseau de mutuelle de santé en partenariat avec certaines structures sanitaires

2.2 TYPE ET PÉRIODE D'ÉTUDE

Il s'agit d'une étude transversale comparative [19] menée durant la période allant de Janvier à Décembre 2018.

2.3 APPROCHE CONCEPTUELLE: L'APPROCHE DE LA PRISE EN CHARGE INTÉGRÉE DES MALADIES DE L'ENFANT

La présente étude fait recours à l'approche holistique de la prise en charge intégrée des maladies de l'enfant (PCIME) [16], une approche qui assure la prise en charge globale des maladies les plus fréquentes de l'enfant et se concentre sur les principales causes de décès. Les directives cliniques, qui se fondent sur les avis d'experts et les résultats de recherche, sont conçues pour la prise en charge d'enfants malades âgés de moins de 5 ans. Elles encouragent les agents de santé à examiner les syndromes et choisir un traitement qui comporte le recours rationnel à des médicaments efficaces et de prix abordables. Les directives comprennent des méthodes servant à évaluer les signes qui révèlent une maladie grave, à contrôler l'état nutritionnel, l'alimentation et l'état vaccinal de l'enfant, et à expliquer aux parents quand il faut revenir au niveau de la structure sanitaire. La combinaison des différents signes constatés lors de l'examen de l'enfant malade conduit à une classification dans une ou plusieurs catégories de diagnostic, plutôt qu'à un diagnostic. La classification de la PCIME permet à l'agent de santé de déterminer s'il faut transférer l'enfant d'urgence dans un autre établissement de santé, s'il peut être traité au centre de premier niveau ou si l'enfant peut être soigné sans danger à domicile. Nous avons utilisé l'approche syndromique de la PCIME dans le regroupement des pathologies des enfants de moins de 5 ans pour bien les étudier et calculer leurs coûts.

2.4 SÉLECTION DES SUJETS ET COLLECTE DES DONNÉES

Pour raison de convenance et de contraintes financières, les sujets de l'étude ont été sélectionnés dans trois types de structures de santé dans chaque ZS: l'hôpital général de référence, un centre hospitalier et un centre de santé. Ce choix se justifie par le fait que ces trois structures représentent les trois niveaux de prise en charge des malades dans une ZS en RD Congo: le premier échelon (CS), l'échelon intermédiaire facultatif (CH) et le deuxième échelon (HGR). La population d'étude est constituée par les enfants de moins de 5 ans reçus en hospitalisation au sein de ces structures sanitaires dans les trois ZS pendant la période de l'étude. Les registres et les dossiers des patients, des registres de laboratoire, livres de caisse et factures des soins émises ont été utilisés comme sources des données. Un total de 2066 dossiers des patients a été traité et nous avons retenu 1451 dossiers dont 582 dossiers dans la zone de santé de Lemera, 293 dossiers dans la zone de santé de Walungu et 576 dossiers dans la zone de santé d'Ibanda. Pour être inclus dans l'étude, les enfants devraient être âgé d'au plus cinq ans, avoir été reçus en hospitalisation pour une pathologie médicale et avoir des dossiers médicaux comportant toutes les données recherchées. Les enfants de plus de 5 ans, ceux de moins de 5 ans dont des dossiers manquaient les informations recherchées et ceux dont le motif d'hospitalisation n'était pas une pathologie médicale (pathologie chirurgicale ou gynécologique). Nous avons enfin exclus les dossiers des enfants (peu importe leur âge) décédés au service d'accueil et/ou des urgences.

La collecte des données a recouru à une fiche préétabli. Cette fiche à questions fermées, permettait d'identifier la zone de santé et la structure sanitaire concernée, le malade avec tous les paramètres anthropométriques, la situation socio-professionnelle et le niveau d'instruction des parents, la connaissance sur la maladie, l'évaluation économique des soins et la

prise en charge financière de soins. Les enquêteurs (étudiants en médecine), ont été choisis et formés sur la collecte des données.

2.5 VARIABLES DE L'ÉTUDE

Le coût direct des soins [20] a constitué la variable dépendante de l'étude. Le coût direct des soins est la somme des coûts directs médicaux de la consultation médicale, des examens paracliniques, de l'hospitalisation, des médicaments et d'autres prestations. Il exclut les autres coûts dont ceux indirects [20] (correspondant aux conséquences financières de l'intervention médicale en termes de productivité, de l'absentéisme au travail, du manque à gagner par renoncement à certaines activités professionnelles pour les parents ou son entourage) et ceux intangibles [21] (coûts liés au bien-être du patient et de son entourage soit sous forme de souffrance, de perte de vie). Le calcul des coûts directs a tenu compte de la tarification forfaitaire ou non appliquée dans chacune des zones de santé analysées.

Les variables indépendantes comprennent dans notre étude l'âge, le sexe, la date d'admission, la date de sortie, la consultation médicale, le diagnostic, le traitement reçu, les examens paracliniques réalisés, l'évolution clinique du patient, la situation socio-professionnelle des parents et leur niveau d'instruction.

2.6 ANALYSE DES DONNÉES

Les données collectées ont été encodées dans une feuille Excel et analysées à l'aide du logiciel SPSS 24. Les variables catégorielles ont été synthétisées en fréquences et proportions tandis que les variables quantitatives ont été synthétisées en médiane avec intervalle interquartile (P25, P75). Le test de chi-carré a été fait pour comparer les proportions des variables catégorielles entre les 3 ZS. Pour la comparaison des médianes, nous avons effectué un test de Kruskal-Wallis. Un premier modèle de régression logistique binaire a été effectué pour déterminer les facteurs pouvant influencer la sortie d'un enfant de la structure de soins avec une dette. Un deuxième modèle de régression linéaire multiple a été effectué pour déterminer les facteurs pouvant influencer le montant global de la facture à payer par le malade. Pour toutes ces analyses, une p-valeur <0,05 a été considérée comme statistiquement significative.

2.7 LIMITES MÉTHODOLOGIQUES

Cette étude a permis de déterminer les associations entre variables sans pour autant suggérer une relation de cause à effet. Ensuite, l'étude s'est intéressée à la seule dépense médicale directe de soins de santé, excluant les coûts indirects et les coûts intangibles. La mesure de ces autres coûts est complexe et difficile dans le cadre d'une telle enquête médicale. Enfin, l'étude n'a pas relevé la perception des parents des enfants ni celle du personnel soignant sur les coûts des soins. Ces perceptions allaient compléter la compréhension de la problématique autour du coût des soins, au-delà des informations uniquement collectées au travers de la revue documentaire.

2.8 CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

Le protocole d'étude a obtenu une lettre d'autorisation de recherche de l'Université Catholique de Bukavu et de l'Ecole Régionale de Santé Publique, ainsi qu'une approbation pour la collecte des données dans chaque zone de santé à travers les différents BCZ. Les informations collectées des patients ont été encodées en respectant le code attribué au dossier de chaque patient pour garder leur confidentialité lors du traitement et de l'analyse des données.

3 RESULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES ET CLINIQUES DES ENQUÊTÉS

Tableau 2. Caractéristiques sociodémographiques et cliniques des personnes interrogées

Caractéristiques	Total (n=1451) n (%)	ZONE DE SANTE		
		Ibanda (n=576) n (%)	Lemera (n=582) n (%)	Walungu (n=293) n (%)
Age (en mois) des enfants	22,1±17,5	18,18±16,22	23,4±17,8	27,2±17,9
<12 mois	550 (37,9)	272 (47,2)	200 (34,4)	78 (26,6)
12-36 mois	628 (43,3)	232 (40,3)	256 (44)	140 (47,8)
36-59 mois	273 (18,8)	72 (12,5)	126 (21,6)	75 (25,6)
Sexe des enfants				
F	657 (45,3)	251 (43,6)	278 (47,8)	128 (43,7)
M	794 (54,7)	325 (56,4)	304 (52,2)	165 (56,3)
Niveau instruction des parents				
Primaire	85 (5,9)	22 (3,8)	63 (10,8)	ND
Secondaire	314 (21,6)	131 (22,7)	183 (31,4)	ND
Supérieur	155 (10,7)	133 (23,1)	22 (3,8)	ND
Jamais fréquenté l'école	6 (0,4)	2 (0,3)	4 (0,7)	ND
Le niveau d'étude n'est pas connu (Inconnu)	891 (61,4)	288 (50)	310 (53,3)	293 (100)
Profession des parents				
Fonctionnaire public	90 (6,2)	88 (15,2)	2 (0,3)	ND
Privé	357 (24,6)	165 (28,6)	192 (32,9)	ND
Sans emploi	184 (12,6)	106 (18,4)	78 (13,4)	ND
Profession non connue	820 (56,5)	217 (37,6)	310 (53,2)	293 (100)
Séjour d'hospitalisation				
<7 Jours	865 (59,6)	368 (63,9)	427 (73,3)	70 (23,9)
7 -15 jours	501 (34,6)	187 (32,5)	148 (25,4)	166 (56,6)
>16 jours	85 (5,9)	21 (3,6)	7 (1,2)	57 (19,5)

ND: Non disponible. Ces données n'ont pas été recherchées à l'admission du malade en hospitalisation et jusqu'à sa sortie elles n'ont pas été collectées.

L'âge moyen des enfants est de 22,1±17,5 mois et le sexe masculin est le plus représenté dans la population d'étude (56,3%). En ce qui concerne le niveau d'instruction, 61,8 % des parents de nos enquêtés ont un niveau d'étude qui n'est pas disponible (n'est pas rapporté dans les registres) et 10,7% ont un niveau supérieur ou universitaire; la profession de 56,5% des parents des enfants enquêtés n'est pas rapportée (non disponible) et le secteur privé occupe 24,6% des parents suivi de sans-emploi 12,6%; et environ 60% des patients ont eu un séjour d'hospitalisation inférieur à 7 jours. La durée de séjour en hospitalisation est en moyenne de moins de 7 jours pour plus de 60% de cas sauf à Walungu où elle est plus longue et comprise entre 7 et 15 jours pour plus de 56 % de cas.

3.2 PROPORTION DES PATHOLOGIES SELON LE MODÈLE PCIME DANS LES 3 ZONES DE SANTÉ

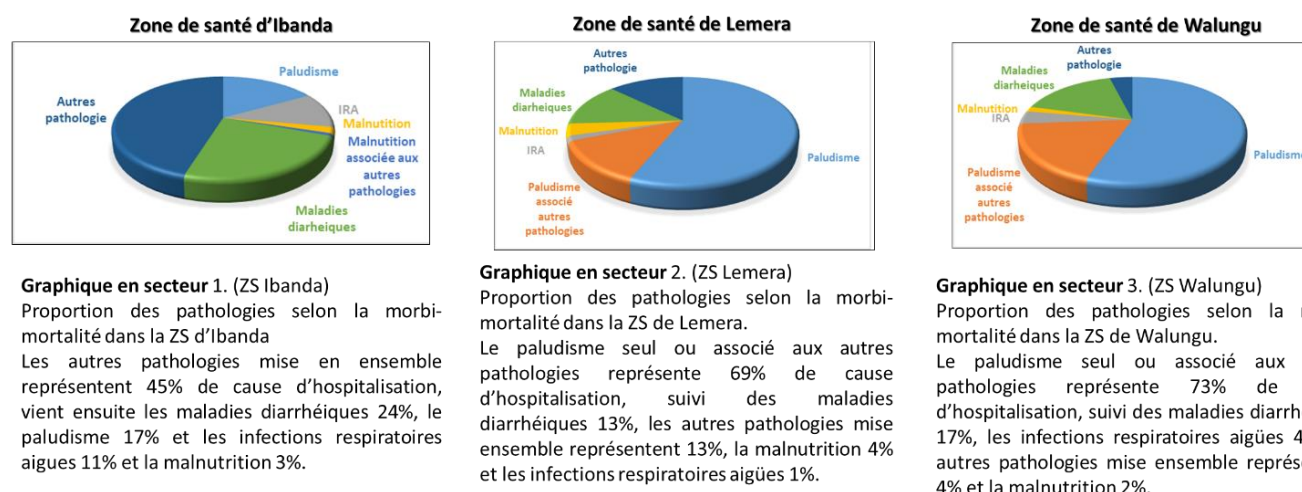


Fig. 1. Répartition des proportions des pathologies selon le modèle PCIME par Zone de santé

3.3 DESCRIPTION DES COÛTS ET DE LA SOLVABILITÉ

Tableau 3. Description des coûts et de la solvabilité des patients

Variables	ZONE DE SANTE			p*
	Ibanda (n=576)	Lemera (n=582)	Walungu (n=293)	
	Médiane (P25; P75)	Médiane (P25; P75)	Médiane (P25; P75)	
Coût de soins en \$US US				<0,001
Coût de consultation	8 (7; 8)	1,6 (1,6; 3,5)	2,8 (2; 2,8)	
Coût des examens	20 (11; 32)	6,5 (5; 6,5)	11 (7; 16)	
Coût du séjour d'hospitalisation	37 (22,9; 78)	2,2 (1,6; 5)	20,5 (20,5; 44)	
Coût total des médicaments	16,64 (8,5; 27,9)	8,6 (8,5; 20)	13 (7,9; 18,3)	
	n (%)	n (%)	n (%)	p
Sortie avec dette (n=1451)				<0,001
Non	560 (97,2)	451 (77,5)	282 (96,2)	
Oui	16 (2,8)	131 (22,5)	11 (3,8)	
Qui a payé la facture de soins (n=1451)				0,31
Aucun	5 (0,9)	19 (3,3)	1 (0,3)	
Ménages	474 (82,3)	486 (83,5)	242 (82,6)	
Mutuelle de santé	2 (0,3)	2 (0,3)	35 (11,9)	
Employeur	92 [16]	17 (2,9)	7 (2,4)	
Autres (famille...)	3 (0,5)	58 [10]	8 (2,7)	

(*) p-valeur du test de Kruskal-Wallis

Il existe une différence des coûts statistiquement significative entre les trois zones de santé ($p < 0,001$). Le coût de séjour d'hospitalisation représente le coût de soins le plus élevé par épisode maladie dans la ZS d'Ibanda avec tarif non forfaitaire ainsi que la ZS rurale de Walungu stable avec tarif forfaitaire où 75% des patients ont payé respectivement un montant inférieur ou égal à 78\$US et 44\$US, tandis que dans la ZS rurale de Lemera avec tarif forfaitaire et instable le coût le plus exorbitant est le coût de médicaments où trois quarts des enquêtés ont payé un montant inférieur ou égal à 20\$US.

On remarque également que plus de 80 % des ménages ont pris en charge financièrement, à eux seuls, toutes les dépenses de soins de santé et 22,5% des patients sont sortis avec dette dans la ZS rurale instable de Lemera, appliquant avec une tarification forfaitaire.

3.4 COMPARAISON COÛTS DES SOINS ET SOLVABILITÉ POUR LES TARIFS FORFAITAIRES ET NON FORFAITAIRES

Tableau 4. Solvabilité et coût global

Variables	Forfaitaire	Non forfaitaire	p
Sortie avec dette (n=1451)			<0,001
Non	733 (56,7%)	560 (43,3%)	
Oui	142 (89,9%)	16 (10,1%)	
Facture globale (n=1451)			<0,001
< ou =50\$US	692 (92,4%)	57 (7,6%)	
50-100\$US	180 (39,7%)	273 (60,3%)	
>100\$US	3 (1,2%)	246 (98,8%)	

Sur l'ensemble des patients sortis avec dette, 89,9% se trouvent dans les ZS rurales (Lemera et Walungu) où on applique la tarification forfaitaire. Ce tableau montre aussi que 92,4% des patients ayant payé un montant inférieur ou égal à 50\$US par épisode maladie se retrouvent dans les ZS rurales de Walungu et Lemera respectivement stable et instable où on applique la tarification forfaitaire. La différence de la solvabilité des factures de soins est statistiquement significative en cas de tarification forfaitaire comparativement à la tarification non forfaitaire ($p < 0,001$).

Tableau 5. Coût global des soins par pathologie

ZS avec tarification forfaitaire	Facture globale			p
	< ou =50\$US	50-100\$US	>100\$US	
Diagnostic (n=875)				<0,001
Autres pathologies	72 (88,9%)	9 (11,1%)	0 (0%)	
Infection respiratoire aigue	12 (60%)	7 (35%)	1 (5%)	
Maladies diarrhéiques	106 (91,4%)	10 (8,6%)	0 (0%)	
Malnutrition	22 (91,7%)	2 (8,3%)	0 (0%)	
Malnutrition et autres pathologies	3 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	
Paludisme	378 (83,1%)	76 (16,7%)	1 (0,2%)	
Paludisme et autres pathologies	99 (56,3%)	76 (43,2%)	1 (0,6%)	
ZS sans tarification forfaitaire	Facture globale			p
	< ou =50\$US	50-100\$US	>100\$US	
Diagnostic (n=576)				0,049
Autres pathologies	90 (28,8%)	113 (36,1%)	110 (35,1%)	
Infection respiratoire aigue	20 (25%)	33 (41,3%)	27 (33,8%)	
Maladies diarrhéiques	123 (49,2%)	69 (27,6%)	58 (23,2%)	
Malnutrition	22 (64,7%)	8 (13,5%)	4 (11,8%)	
Malnutrition et autres pathologies	3 (42,9%)	3 (42,9%)	1 (14,3%)	
Paludisme	384 (71%)	118 (21,8%)	39 (7,2%)	
Paludisme et autres pathologies	107 (47,3%)	109 (48,2%)	10 (4,4%)	

Dans les ZS où on applique la tarification forfaitaire (Walungu et Lemera), le paludisme associé à une autre pathologie (43,2%) et les infections respiratoires aiguës (35%) étaient les deux catégories de pathologies les plus coûteuses (50-100\$US US). La catégorie de coûts >100\$US étaient très peu représentée dans ces ZS. En revanche, dans la ZS avec tarification non forfaitaire (Ibanda), plusieurs pathologies avaient des coûts dépassant 100\$US US.

3.5 RÉGRESSION LOGISTIQUE BINAIRE

Tableau 6. Association caractéristiques socioéconomiques, clinique et solvabilité en fonction de la variable "sortie avec dette"

Variabiles	OR (IC95%)	p	OR Ajusté (IC95%)	p
Zone de santé (n=1293)		<0,001		<0,001
Ibanda	0,73 (0,33-1,59)		0,9 (0,3-2,6)	
Lemera	7,4 (3,9-14)		16,6 (8-34,3)	
Walungu	1		1	
Niveau d'instruction des parents (n=1293)		<0,001		<0,001
Primaire	0,9 (0,5-1,8)		1,2 (0,3-0,4)	
Secondaire	0,2 (0,1-0,4)		0,03 (0,01-0,1)	
Supérieur ou Universitaire	0,1 (0,03-0,3)		0,4 (0,009-0,2)	
N'a jamais fréquenté l'école	–		–	
Inconnu (N'a jamais fini le primaire)	1		1	
Situation Socio-professionnelle des parents (n=1293)		<0,001		0,018
Inconnue (informel)	7,6 (1,8-31,6)		0,9 (0,1-0,7)	
Sans-emploi	2 (0,4-9,6)		0,1 (0,02-1,2)	
Privé	3,4 (0,8-14,8)		0,2 (0,08-2,8)	
Public	1		1	
Diagnostic (n=1293)		0,013		0,63
Autres pathologies	0,4 (0,2-0,7)		0,8 (0,4-1,6)	
Infection respiratoire aigue	0,4 (0,1-1,1)		1,8 (0,6-5,1)	
Maladies diarrhéiques	0,5 (0,3-1,04)		0,8 (0,4-1,6)	
Malnutrition	0,1 (0,2-1,3)		0,2 (0,02-1,7)	
Malnutrition et autres pathologies	–		–	
Paludisme	0,9 (0,5-1,4)		0,9 (0,5-1,5)	
Paludisme et autres pathologies	1		1	
Séjour en hospitalisation (n=1293)		0,08		0,33
<7 jours	1,6 (0,7-3,6)		0,4 (0,1-1,2)	
7-15 jours	1,1 (0,4-2,5)		0,5 (0,2-1,4)	
>16 jours	1		1	

Variable dépendante = Sortie avec dette (Oui)

Le premier modèle non ajusté de cette régression logistique montre que les patients de la ZS rurale de Lemera instable avec tarif forfaitaire présentent un risque 7 fois plus élevé de sortir avec les dettes que ceux de la ZS de Walungu qui est stable avec tarif forfaitaire, tandis que les patients de la ZS d'Ibanda stable avec tarif non forfaitaire ont 27% moins de chance de sortir de l'hôpital avec des dettes que ceux de la ZS rurale de Walungu, stable avec tarif forfaitaire.

Les patients issus de famille avec un niveau d'instruction des parents non connu présentent plus de risque de sortir avec les dettes de l'hôpital que ceux des parents avec niveau d'instruction primaire, secondaire et universitaire.

Les enfants des parents dont la situation socio-professionnelle non disponible, sans-emploi et ceux du secteur privé représentent un risque respectivement de 7, 2 et 3 fois plus élevé d'avoir de dette à la sortie de l'hôpital que ceux dont les parents travaillent dans le secteur public.

Après ajustement, vivre dans les ZS rurales avec TF forfaitaire (surtout à Lemera), un faible niveau d'instruction des parents, avoir des parents travaillant dans le secteur privé étaient associés à la non solvabilité de factures dans les hôpitaux.

3.6 RÉGRESSION LINÉAIRE MULTIPLE

Le tableau suivant résume les résultats du modèle de régression linéaire multiple testant les associations indépendantes entre les facteurs sociodémographiques et la facture globale du patient. Il n'y a pas eu de multi colinéarité parce que toutes les valeurs de la variance inflation factor (VIF) étaient < à 1,5.

Nous avons introduit dans le modèle toutes les variables sociodémographiques (types de ZS, âge, situation socio-professionnelle des parents, niveau d'instruction des patients) avec une p-valeur <0,05 dans les analyses de variance à un facteur (ANOVA à 1 facteur) ou de test de corrélation de Pearson. Les résultats cette régression montrent que les facteurs sociodémographiques des enquêtés expliquaient à 48% la variance de la facture globale des patients. Plus l'âge augmente, plus la facture du patient augmente ($p<0,001$). Les autres facteurs qui augmentent de manière directement proportionnelle avec le montant de la facture globale sont le niveau socio-professionnel ($p<0,001$) et le niveau d'instruction des patients ($p<0,001$). Seul la ZS de santé varie de façon inversement proportionnelle avec la facture globale ($p=0,018$): plus on quitte de la ZS urbaine avec tarification non forfaitaire et on va vers les ZS de rurales stable et instable avec tarification forfaitaire, plus la facture des soins diminue.

Tableau 7. Caractéristiques Socioéconomiques et coûts de soins

Variables	Coefficient non standardisé	Coefficient standardisé	IC (95%)	p
Zone de santé (n=1293)	(-) 33,4	(-) 0,43	(-) 37,3- (-) 29,5	<0,018
Age (n=1293)	0,18	0,056	0,03-0,33	<0,001
Situation Socio-professionnelle des parents (n=1293)	12,9	0,23	8,43-17,5	<0,001
Niveau d'instruction des parents (n=1293)	12,2	0,31	9,25-15,2	<0,001
R	0,48			
R²	0,23			
F	108,6			
p de la Variation de F	<0,001			

V. dépendante=Facture globale

4 DISCUSSION

La présente étude avait pour objectif de calculer et comparer les coûts directs de soins des enfants de moins de 5 ans admis en hospitalisation dans les hôpitaux d'Ibanda, Walungu et Lemera et, d'en comparer la solvabilité de facture de soins en vue de dégager les facteurs explicatifs de différence du coût direct de soins et les facteurs associés à la solvabilité des factures. Les résultats obtenus suggèrent d'une part que 80% des pathologies ont été prise en charge financièrement avec un montant de moins de 50\$US, le coût d'hospitalisation est le plus élevé dans les ZS stables avec ou non un tarif forfaitaire et le coût de médicaments est le plus élevé dans la ZS instable avec tarif forfaitaire. Plus de 80% de dépenses de soins sont assurés par les ménages et l'insolvabilité des factures de soins est plus élevée dans la ZS rurale instable avec tarification forfaitaire. Aussi, certains facteurs sociodémographiques expliquent l'augmentation des coûts de soins. Dans les paragraphes suivants, nous discutons ces différents résultats:

4.1 LA TARIFICATION FORFAITAIRE EST PLUS FAVORABLE À LA POPULATION QUE LA TARIFICATION À L'ACTE

Sur base de regroupement des pathologies au modèle PCIME, la majorité des cas de paludisme, des infections respiratoires aiguës et des maladies diarrhéiques a été soignée avec un montant inférieur ou égal à 50\$US ($p<0,001$). Il existe une différence de coût de soins statistiquement significative en cas de tarification forfaitaire et tarification non forfaitaire ($p<0,001$). Ce résultat ressemble à celui d'une autre étude réalisée en 2005, à l'Est toujours de la RDC qui montre un coût moyen d'un épisode maladie de 63\$US dans un hôpital et 7,8\$US pour le centre de santé. Ce coût étant respectivement de 22,3\$US et 12,8\$US pour une polyclinique privée et pour un dispensaire privé. Bien que le coût moyen d'un épisode maladie reste moins élevé en milieu rural stable ou instable par rapport aux autres structures de santé urbaines modernes, il nous semble au contraire être exorbitant en le comparant au revenu moyen mensuel du ménage où de façon générale, le revenu médian des femmes est de 65 \$US, celui des hommes est de 165 \$US et ceux des ruraux nettement inférieurs à ceux des urbains (70\$US contre 215\$US) [22]. Le poids des coûts des médicaments et d'hospitalisation varient en fonction de la stabilité ou de l'instabilité d'une ZS et du plateau technique. Parmi les différents coûts de soins, le coût d'hospitalisation ≤ 78 \$US représente le coût le plus élevé dans la ZS (Ibanda) stable avec tarification non forfaitaire tandis que dans la ZS (de Lemera) instable avec tarification forfaitaire c'est le coût de médicaments qui est le plus élevé ≤ 20 \$US ($p<0,001$). Ceci semble lié à un plateau technique médical élevé (moyens diagnostics de laboratoire, imagerie médicale, etc.) et à une meilleure condition d'hospitalisation (hôtellerie: infrastructure, eau et électricité; tour de salle par des médecins plus qualifiés et surtout des spécialistes) dans la ZS d'Ibanda

urbaine. Cela corrobore le résultat d'une autre étude menée sur le coût d'un épisode du paludisme dans une zone de santé rurale stable chez les enfants de moins de 5 ans, au Sud-Kivu en RD Congo, montrant que le plus élevé est celui d'hospitalisation avec une moyenne de $10,7 \pm 5\$US$ [14]. Le coût de médicament est le plus élevé dans la ZS de Lemera rurale instable avec tarification forfaitaire et peut s'expliquer par les difficultés d'accessibilité en produits pharmaceutiques, la pharmacie zonale insuffisamment approvisionnée en produits pharmaceutiques par suite des conflits armés [23]. L'absence d'un Centre d'approvisionnement Régional en produits pharmaceutiques à ce jour au Sud-Kivu peut aussi expliquer d'une certaine manière les difficultés d'approvisionnement en produits pharmaceutiques d'une manière générale et particulièrement dans certaines zones de santé rurale instables avec le risque de tomber sur les coupeurs de routes lors de l'approvisionnement. Il a été aussi constaté que pendant les crises et conflits armés, les principaux défis à la fourniture de services de santé sont la disponibilité et la rétention du personnel qualifié, le manque de matériel et d'équipement de base ainsi que l'insuffisance des ressources financières pour assurer le paiement régulier des agents de santé, la disponibilité des médicaments et les frais de fonctionnement des installations [23-25]; sans compter l'inaccessibilité géographique qui impacterait le coût logistique et la difficulté des partenaires sanitaires d'y intervenir pour diverses raisons ci-haut citées.

4.2 LA QUASI-TOTALITÉ DES FACTURES DE SOINS EST SUPPORTÉE PAR LES MÉNAGES MALGRÉ L'EXISTENCE DE MUSA

Plus de 82% de factures de soins sont prise en charge financièrement par les ménages ($p < 0,001$). Ces résultats ressemblent à ceux d'une autre étude conduite en Afrique en 2006 où le constat fait rapport d'une prise en charge financière des soins de santé majoritairement assurée par des individus, en lieu et place des systèmes de financement collectif comme cela est le cas dans les pays dits développés [26]. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que, malgré les initiatives de création des mutuelles de santé dans le pays, le taux de pénétration des mutuelles de santé dans la population et la couverture des dépenses de soins par ces dernières restent très faible avec déjà une tendance générale des adhésions à la baisse entre 2008 et 2014. Rapportée à la population générale, les adhérents à la mutuelle de santé constituent 2% de la population de Bukavu en 2015, et la même étude confirme qu'au-delà de la barrière financière, le développement d'une mutuelle de santé doit être accompagné d'une amélioration de la qualité de services des formations sanitaires partenaires, d'une meilleure maîtrise de l'ensemble des coûts pour la viabilité financière de la MUSA et de la lutte contre la sélection adverse en renforçant la sensibilisation à l'adhésion aux MUSA de tous les membres de famille dont ceux qui ne tombent pas souvent malade. Ce développement gagnerait à prendre en compte le lieu de résidence des adhérents, le niveau d'étude des chefs des ménages et la qualité des soins dans des structures partenaires pour satisfaire les besoins en soins des adhérents [27], mais aussi la quasi-inexistence des agences d'assurance maladie à cet effet. Et le coût global de soins dans les ZS rurales stable ou instable semble vraiment être exorbitant au regard de revenu moyen des ménages $\leq 215\$US$ par mois [22]. Ces résultats comme ceux des autres études exposent un bilan clairement négatif de l'application des politiques de financement promues dans le cadre de l'Initiative de Bamako. La persistance de l'inégalité devant les soins est un résultat univoque de la mise en œuvre du paiement direct alors même que cette dimension constituait l'un des chaînons centraux de cette politique. Ses applications n'ont donc pas permis de réduire les écarts devant l'accès aux soins [10]. L'étude menée sur le district sanitaire de Kongoussi au Burkina Faso est, à ce sujet, représentative des conclusions présentées sur les effets de la tarification des soins médicaux. Le taux de fréquentation des centres de santé du district sanitaire est enregistré à la baisse à la suite de l'adoption du paiement direct qui devient un frein à l'accès aux soins notamment pour les personnes les plus démunies [28, 29]. Qu'il s'agisse de la fréquentation des services publics, de l'accès aux médicaments génériques ou de l'utilisation des mutuelles de santé, une partie (variable) de la population en proie à des difficultés socio-économiques majeures reste donc exclue des institutions publiques de santé. Le tournant vers l'abolition du paiement direct soutenu par l'OMS est donc engagé à plusieurs échelles en Afrique [30, 31].

4.3 LA SOLVABILITÉ DE FACTURES DE SOINS VARIE EN FONCTION DE LA STABILITÉ OU DE L'INSTABILITÉ D'UNE ZS

L'insolvabilité de factures de soins est prédominant dans la ZS de Lemera (rurale) instable avec tarification forfaitaire où on note 89,9% des insolubles ($p < 0,001$). Cette insolvabilité peut s'expliquer par le fait que la ZS de Lemera (rurale) instable avec tarif forfaitaire comprendrait un grand nombre des ménages pauvres comparativement à la ZS de Walungu (rurale) stable avec tarif forfaitaire. L'impact de la situation d'instabilité serait tout à fait différent car malgré l'observation d'un retour au calme à l'Est de la RDC, certains territoires n'ont jamais retrouvé la paix suite à la persistance de la présence des hommes armés et milices à ces endroits, et des conflits inter-ethniques persistants. Ce conflit engendre un délabrement profond du tissu économique par un non-retour des activités régénératrices de revenus dans les milieux touchés, mais aussi l'altération des activités éducationnelles depuis plus de 20 ans qui est à l'origine d'un niveau d'instruction très bas des parents, des déplacements ou mouvements fréquents des populations. En second lieu, on observe dans certaine culture le mariage polygamique qui entraîne la présence des familles nombreuses avec peu des sources de revenus qui seraient à l'origine de vente de peu de biens de valeur disponibles pour payer leurs dépenses de santé, mais aussi certaines croyances religieuses sur un fond de faible niveau d'instruction des parents entraînent une fréquentation accrue des malades dans les chambres de prière à la recherche

d'une guérison miracle [18] avec comme conséquence une perte de temps dans la prise en charge précoce et gaspillage de peu des moyens disponibles avant d'arriver à l'hôpital.

4.4 CERTAINS FACTEURS SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES EXPLIQUENT LA VARIANCE DES FACTURES GLOBALES DE SOINS

Certains facteurs sociodémographiques expliquent l'augmentation directement proportionnelle de coûts de soins notamment l'âge des patients, le niveau d'instruction et la situation professionnelle des parents ($p < 0,001$); tandis que le coût évolue de manière inversement proportionnelle en quittant la ZS stable avec tarif non forfaitaire vers les ZS rurales stable ou instable avec tarif forfaitaire ($p = 0,018$).

Le niveau d'instruction et la situation socioprofessionnelle dont le revenu influencent les dépenses de soins. L'augmentation du revenu national influe sur les dépenses de santé, et du point de vue causal cette variable peut agir par deux canaux: la hausse des revenus peut entraîner classiquement une augmentation de la demande de soins [32]. Or, la santé étant un bien supérieur on s'attend à ce que son élasticité demande au revenu soit élevée. C'est la hausse de revenu national qui augmente les ressources fiscales qui permettent le financement de l'augmentation de la dépense et des possibilités de prise en charge (confort des hôpitaux, imagerie médicale, etc). Dans ce cas la causalité va, d'une certaine manière, de l'offre de soins à la dépense. Or le niveau de revenu des ménages dans la ZS urbaine avec tarification non forfaitaire est largement supérieur à celui dans les ZS rurales stables ou instables avec tarification forfaitaire.

Pour ce qui est de l'évolution inversement proportionnel de coût de soins en quittant du milieu urbain vers le milieu rural, ceci aurait une triple explication. D'abord, plus on se dirige de la ville vers milieu rural plus le plateau technique médical diminue (moins des personnels soignants qualifiés en milieu rural, moins de moyens diagnostics, et moins d'infrastructures médicales disponibles et ceci se fait sentir encore en plus dans la zone de santé instable peu importe le type de tarification appliqué). Ensuite, notons que le tarif forfaitaire est fixé par les parties prenantes constitués des acteurs clés intervenant dans le milieu (autorités locales, la société civile, etc.) en fonction des réalités contextuelles. Enfin, ceci pourrait s'expliquer par le fait que les ZS avec tarification forfaitaire auraient un certain nombre des partenaires intervenant dans le domaine de l'assouplissement de prise en charge des dépenses de santé à travers le financement de soins basé sur la performance dans les structures sanitaires comme serait le cas avec l'AAP au Sud-Kivu qui intervenait à Lemera lors de la période d'étude. Ainsi l'on observe cette diminution de coût de soins en sortant de la ZS d'Ibanda, en passant par la ZS de Walungu, vers la ZS de Lemera.

5 CONCLUSION

Le droit à la santé et à la protection sociale sont aujourd'hui des principes universellement reconnus, et la plupart des sociétés s'accordent sur l'importance de créer des conditions favorables aux populations en matière de santé. Mais les situations criantes sur plan sanitaire, politique et économique presque généralisées en RDC, plus particulièrement au Centre et à l'Est du pays impactent négativement sur l'état de santé des enfants en particulier car plus vulnérables et de manière générale sur l'ensemble de la population.

L'objectif de notre étude étant de calculer les coûts directs de soins des enfants de moins de 5 ans admis en hospitalisation et de comparer les coûts des soins de santé et la solvabilité de facture de soins des enfants de moins de 5 ans des zones urbaines et rurales dans deux contextes différents pour la zone de santé rurale en crise et non crise. L'étude a montré que la tarification forfaitaire est plus favorable à la population que la tarification à l'acte, le coût le plus exorbitant est le coût des médicaments dans la zone de santé rurale instable soit un montant inférieur ou égal à 20\$US ($p < 0,001$), la quasi-totalité des factures de soins est supportée par les ménages, l'insolvabilité de factures de soins est prédominant dans la ZS rurale instable de Lemera avec tarification forfaitaire et les résultats de la régression montrent que les facteurs sociodémographiques expliquaient à 48% la variance de la facture globale des patients notamment l'âge des patients, le niveau d'instruction et la situation professionnelle des parents par rapport aux ZS urbaines ou rurales stables.

Une étude ultérieure impliquant plusieurs zones de santé, tout en incluant les aspects quantitatifs et qualitatifs sur l'impression de coût de soins chez les personnels soignants et les parents des enfants, pourrait apporter une contribution bien meilleure à la connaissance de la problématique de coût de soins des enfants de moins de cinq ans dans les zones à l'Est de la RDC où persiste encore des conflits armés et des déplacements des populations afin d'adapter les stratégies des soins de santé primaire alloués à cette tranche d'âge.

REFERENCES

- [1] Munyaas WN: Un civil dans la guerre en R.-D. Congo: L'errance d'un déplacé-réfugié du Sud-Kivu. Un civil dans la guerre en R-D Congo 2006: 1-102.
- [2] PNUD: Profil Résumé Pauvreté et Conditions de vie des Ménages. PNUD: New York, NY, USA 2009, PNUD Sud-Kivu.
- [3] Gaylord AN, Ghislain BB, Espoir BM: MORTALITE INFANTILE EN MILIEU RURAL ET POST-CONFLIT AU SUD-KIVU, EST DE LA RD CONGO: UNE ETUDE TRANSVERSALE. 2018.
- [4] World Health Organization: Tracking universal health coverage: 2017 Global monitoring report. 2017.
- [5] Jacquemont P: Les systèmes de santé en Afrique mis à l'épreuve? Policy Center for the New South, Policy Brief PB 2020: 20-32.
- [6] Niangaly H, Ridde V, Thuilliez J: Introduction: Repenser la santé en Afrique à l'aune de la crise sanitaire. *Revue internationale des études du développement* 2021, 247 (3): 7-33.
- [7] Group WB: The World Bank Group A to Z 2016: World Bank Publications; 2016.
- [8] Organisation Mondiale de la Santé: Rapport de situation sur la mise en œuvre du document technique visant à réduire les inégalités en matière de santé par une action intersectorielle sur les déterminants sociaux de la santé dans la Région africaine: document d'information. In.: Organisation mondiale de la Santé. Bureau régional de l'Afrique; 2022.
- [9] Leterme C: Inégalités sanitaires—Centre tricontinental. 2023.
- [10] Ridde V: L'initiative de Bamako 15 ans après. Un agenda inachevé, Health, Nutrition and Population Discussion Paper, World Bank 2004, 54: 281627-1095698140167.
- [11] DHS DRC Standard: Enquête Démographique et de Santé. In.: Ministère de la santé de la République Démocratique du Congo (2013-2014); 2014.
- [12] Sadio A, Diop F: Utilisation et demande de services de santé au Sénégal. Health Financing and Sustainability (HFS) Project, Abt Associates Inc, Bethesda, MD (Draft) 1994.
- [13] Mushagalusa PS: Mémoire de maîtrise en santé Publique: Etude des déterminants de l'utilisation des services de santé dans la zone de santé de Kadutu, Sud-Kivu, RDC 2005. 2015.
- [14] Nkamba B, Cishibanji M, Bashi-Mulenda M, Mashimango B: Prise en charge et coût des soins d'un épisode du paludisme dans la zone de santé de Miti-Murhesa, République Démocratique du Congo [Taking in charge and cost of malaria treatment in Miti-Murhesa health zone, Democratic Republic of Congo]. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 2014, 8 (3): 920.
- [15] Karemere H, Kahora PB, Ahana J, Karemere J: Un financement basé sur la performance influence-t-il réellement l'utilisation des services de santé de première ligne en milieu rural africain? *International Journal of Innovation and Applied Studies* 2023, 38 (3): 710-718.
- [16] Soltani M, El Mhamdi S, Sriha A, Bouanene I, Bouchahda I, Bouchahda M: Prise en charge intégrée de la santé de la mère et de l'enfant dans la région de Monastir (Tunisie). *EMHJ* 1995, 20 (8).
- [17] Bapolisi WA, Karemere H, Ndogozi F, Cikomola A, Kasongo G, Ntambwe A, Bisimwa G: First recourse for care-seeking and associated factors among rural populations in the eastern Democratic Republic of the Congo. *BMC Public Health* 2021, 21 (1): 1-13.
- [18] Mwana-Wabene AC, Makali LS, Eboma CM, Lyab PM, Cheruga B, Karemere H, Mwembo AT, Balaluka GB, Mukalenge FC: Choix thérapeutiques des hypertendus et diabétiques en milieu rural: Une étude mixte dans deux zones de santé de l'Est de la République Démocratique du Congo. *African Journal of Primary Health Care & Family Medicine* 2022, 14 (1): 9.
- [19] Musango L, Dujardin B, Dramaix M, Criel B: Le profil des membres et des non membres des mutuelles de santé au Rwanda: le cas du district sanitaire de Kabutare. *Tropical Medicine & International Health* 2004, 9 (11): 1222-1227.
- [20] Launois R: Un cout, des couts, quels couts? *Journal d'économie médicale* 1999, 17 (1): 77-82.
- [21] Zambrowski J: Pharmaco-économie du traitement des infections sévères en réanimation. In: *Annales francaises d'anesthésie et de reanimation: 2000: Elsevier; 2000: 430-435.*
- [22] Kuma JK: Pauvreté et chômage en République Démocratique du Congo: état des lieux, analyses et perspectives. 2020.
- [23] Altare C, Malembaka EB, Tosha M, Hook C, Ba H, Bikoro SM, Scognamiglio T, Tappis H, Pfaffmann J, Balaluka GB: Health services for women, children and adolescents in conflict affected settings: experience from North and South Kivu, Democratic Republic of Congo. *Conflict and health* 2020, 14 (1): 1-19.
- [24] Karemere H, Muhune N, Bigirinama R, Makali S: Résilience des centres de santé dans la prise en charge du paludisme: Cas de la Zone de santé de Katana en République démocratique du Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 2022, 37 (1): 188-200.
- [25] Kenanewabo N, Molima C, Karemere H: gestion adaptative des centres de santé dans un environnement changeant en République démocratique du Congo. *Santé publique* 2020, 32 (4): 359-370.
- [26] Criel B, Blaise P, Ferette D: Mutuelles de santé en Afrique et qualité des soins dans les services: une interaction dynamique. L'assurance maladie en Afrique francophone: améliorer l'accès aux soins et lutter contre la pauvreté 2006: 352-272.

- [27] Bashi J, Sia D, Tchouaket E, Balegamire SJ, Karemere H: Mutuelles de santé à Bukavu en République Démocratique du Congo: facteurs favorables à l'utilisation des services de santé par des adhérents. *The Pan African Medical Journal* 2020, 35.
- [28] Ridde 1 V, Girard 1 J-E: Douze ans après l'initiative de Bamako: constats et implications politiques pour l'équité d'accès aux services de santé des indigents africains. *Santé publique* 2004 (1): 037-051.
- [29] Ridde V: Fees-for-services, cost recovery, and equity in a district of Burkina Faso operating the Bamako Initiative. *Bulletin of the World Health Organization* 2003, 81: 532-538.
- [30] Ridde V, Sane NM: Vers une couverture sanitaire universelle en 2030?: réformes en Afrique subsaharienne. In.; 2021.
- [31] Organisation Mondiale de la Santé: Renforcement de la présence dans les pays pour assurer la couverture sanitaire universelle en Afrique. In.: Organisation mondiale de la Santé. Bureau régional de l'Afrique; 2020.
- [32] McIntyre D: Enseignements tirés de l'expérience: le financement des soins de santé dans les pays à faibles et moyens revenus. In: 2007: Global forum for health research; 2007.

Air humidity influence on global solar radiation on the surface of a photovoltaic module in Niger: Case of the city of Dosso

Aminou Baare Ali^{1,2}, Mahamadou Hamidine³, Harouna Sani Dan Nomao^{1,2}, Makinta Boukar^{1,2}, and Saïdou Madougou^{1,2}

¹Department of Physics, Faculty of Science and Techniques Abdou Moumouni University, Niger

²Laboratory of Energy, Electronics, Electrical Engineering, Automation and Industrial Computing (L3EA2I), Niger

³Department of Physics, Dan Dicko Dankoulodo University of Maradi, Niger

Copyright © 2023 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 production of a photovoltaic solar system depends on a number of atmospheric parameters, namely the solar radiation received by the surface of the panel and the temperature of the surface of this panel. However, this solar radiation and temperature are also influenced by other meteorological parameters. The objective of our work is on the one hand, to evaluate the solar potential of Dosso city in Niger and on the other hand, to study the influence of air humidity on solar radiation during a month of high heat (May) and a month of high humidity (August) during the year 2021.

KEYWORDS: air, humidity, solar, radiation, photovoltaic, Niger.

1 INTRODUCTION

Nowadays, energy is the key factor in the economic development of any country on earth [1,7]. Photovoltaic solar energy, one of the branches of renewable energies, is the result of the direct transformation of solar radiation into electricity. This solar technology emerged thanks to a physical phenomenon, specific to certain materials, called semiconductors, which when exposed to sunlight, produce electricity [2,8]. The exploitation and optimization of this form of energy requires a control of the distribution of solar irradiation, which depends on several parameters, namely geographical, atmospheric and meteorological [4,14].

2 MATERIALS AND METHODOLOGY

2.1 PRESENTATION OF THE STUDY AREA

Located in the extreme south-west of Niger, DOSSO region covers an area of 31,000 km² or 2.45% of the national territory. It is located between 11°50 and 14°50 north latitudes and between 2°30 and 4°40 east longitude. The climate is characterized by a dry season (November to May) and a rainy season (June to October). Two prevailing winds characterize this region: it is the harmattan blowing from November to April and the monsoon blowing from May to October.

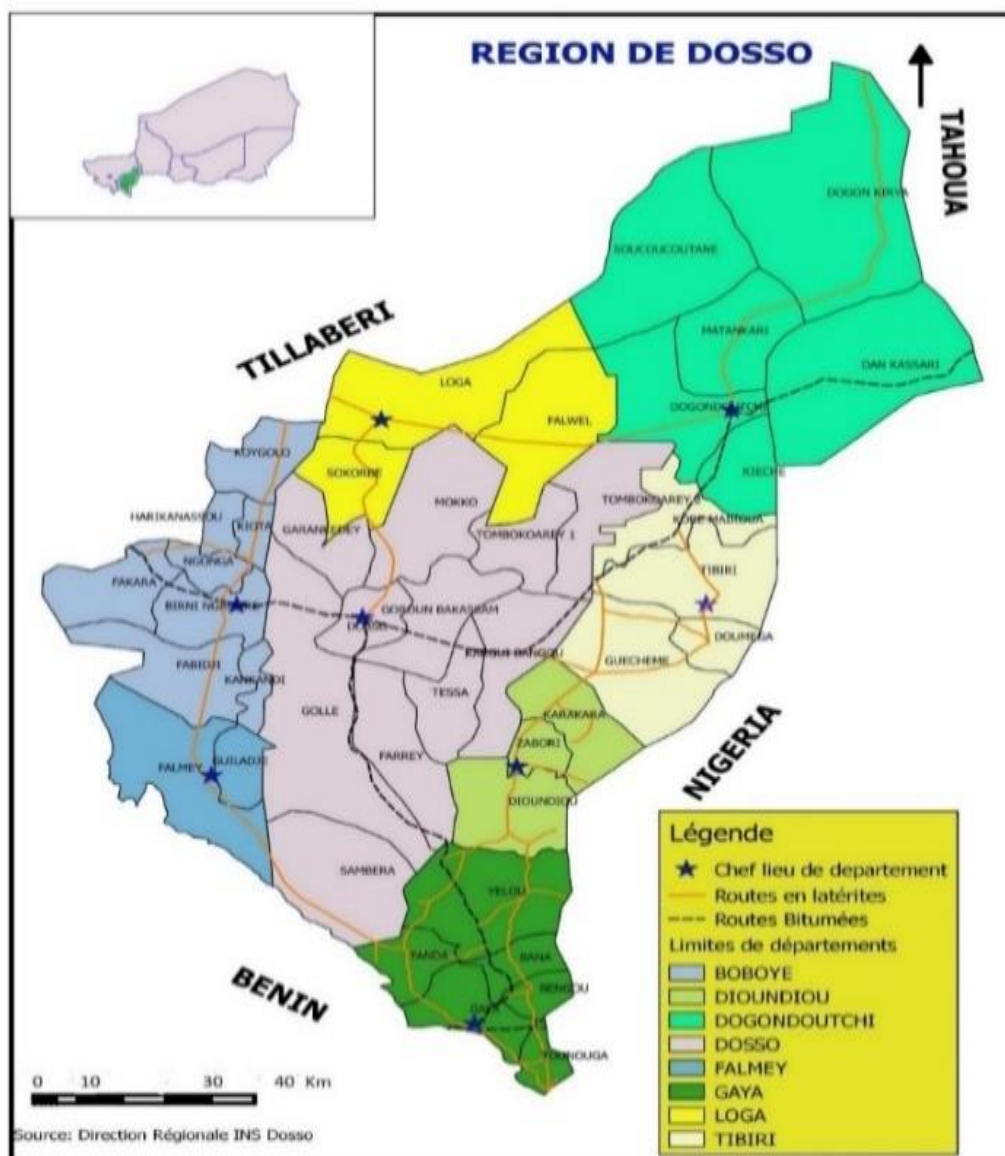


Fig. 1. Map of administrative division and geographical location of the Region of Dosso. (Source: PDR, Dosso, 2016)

The town of DOSSO is identified by the following geographical coordinates: Latitude 13° 02' 46" North and Longitude 3° 11' 50" East with average altitudes of about 250 m.

Our measurement site is located by the following geographical coordinates: 13°02'30" North latitude, 3°11'15" East longitude and an average altitude of 217 m. The choice of the city of DOSSO as a study area is motivated by its geographical position which gives it a high level of humidity during the rainy season.

Our data collection was spread over two periods:

- The first period from May 1st, 2021 to June 1st, 2021, which we consider to be a period of high heat
- The second period from August 1, 2021 to September 1, 2021, which we consider to be a period of high humidity

To carry out the data collection, we used a number of mobile and handheld devices which will be described below.

2.2 METEOROLOGICAL PARAMETERS AND MEASURING DEVICES

The parameters measured during our data collection are ambient temperature, and relative air humidity. The device used to perform the measurements is shown in Figure 2.

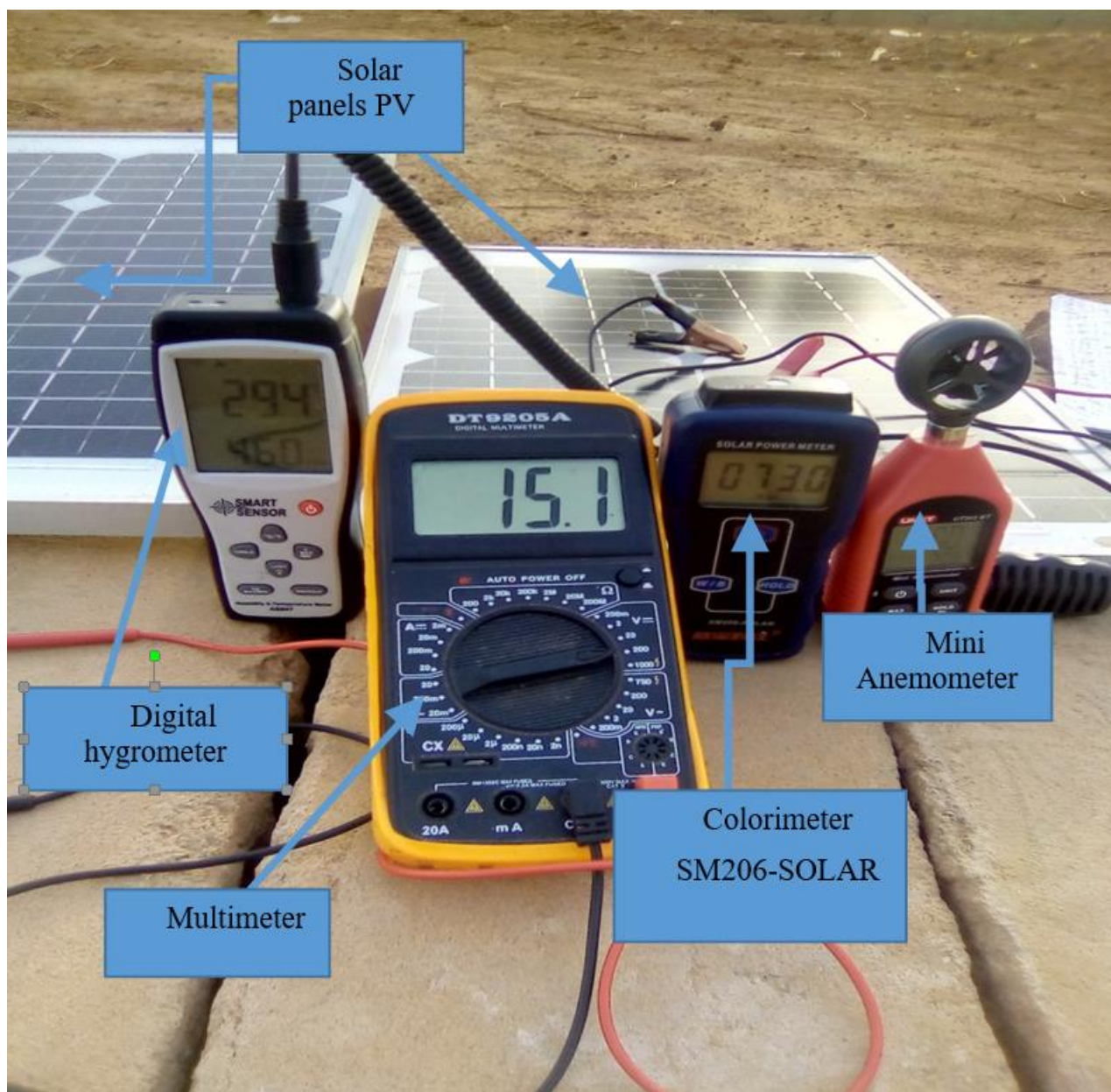


Fig. 2. Experimental equipment

Temperature characterizes the amplitude of heat of a body or an environment.

The relative humidity of the air is defined as the ratio of the pressure exerted by the water vapor contained in the air at a given temperature to the pressure of the saturated water vapor [9, 10].

It is determined on a scale from 0 to 100%. It characterizes the amount of water vapor in the air and the ability of this water vapor to condense.

For our study, we used the SMART-SENSOR type thermometer-hygrometer for humidity and heat measurements (Figure 3). The device has a sensor, a probe and is powered by an electric battery of electromotive force (f.e.m.) of 9 Volts in DC.

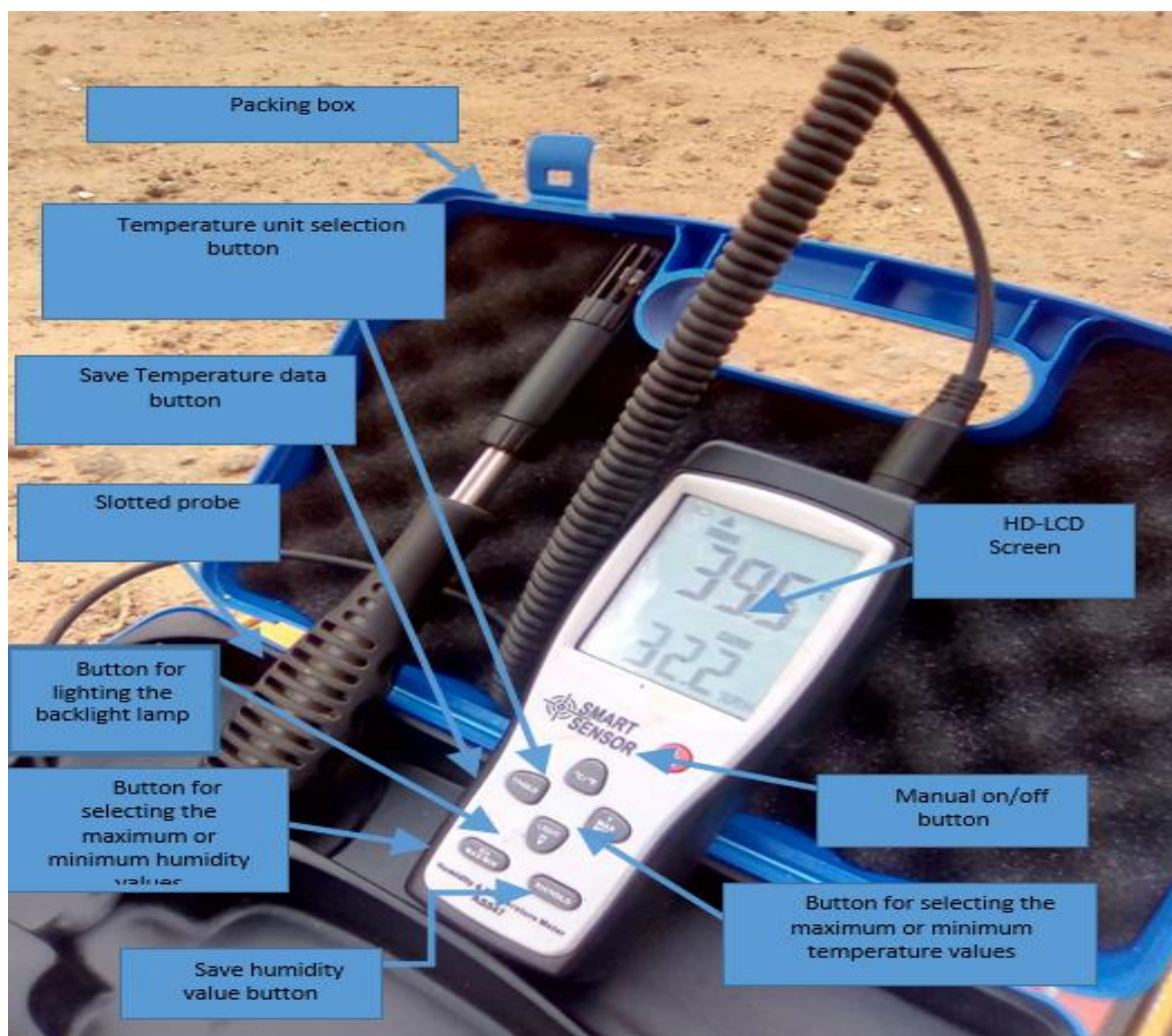


Fig. 3. SMART-SENSOR thermometer-hygrometer with its packaging box

This sensor measures relative humidity of the air as a percentage over a range of 5% to 98%. Uncertainties in measurements are given in Table 1.

Table 1. measures relative humidity

Parameters	Uncertainty
Humidity 5% to 40%	5%
Humidity 41% to 80%	3%
Temperature -20°C to 1000°C	1.5%

The measurements are carried out by placing the device on the place of installation of the solar panels and the data acquisition is carried out manually.

We also note the state of the sky to assess the effects of atmospheric and meteorological parameters on the quality of our measurements. It turns out that there is more atmospheric disturbance in August than in May as shown in Figure 4.



Fig. 4. Sky states for 06/05/2021 and 03/08/2021

3 ESTIMATION OF GLOBAL SOLAR RADIATION ON A HORIZONTAL PLANE

We use global radiation, which is the sum of direct radiation and diffuse radiation.

3.1 CALCULATION OF DIRECT SOLAR RADIATION ON A HORIZONTAL PLANE

Direct solar radiation I passing through the atmosphere without modification is obtained by the following formula [1, 13]:

$$I = E_s \cdot \exp. (-AM \cdot T_L \cdot E_r) \quad (1)$$

I : in $[W/m^2]$

AM : the relative optical air mass in $[kg]$

T_L : Linke's disorder factor

E_r : Rayleigh optical thickness in kg^{-1}

E_s : solar radiation received by a surface perpendicular to the solar rays placed at the upper limit of the Earth's atmosphere.

The optical thickness of Rayleigh is given by the following formula [1, 13]:

$$E_r = \frac{1}{0,9AM + 9,4} \quad (2)$$

We consider $AM = 1.5$ kg corresponding to the case where the radiation has passed through 1.5 times the thickness of the atmosphere. This is the reference for ground-based energy calculations. Taking into account AM , we get: $E_r = 9.3 \cdot 10^{-2} \text{ kg}^{-1}$

The radiation E_s , expressed in $[W/m^2]$, is determined by the relation (3) [1, 11, 13]:

$$E_s = E_0 \left[1 + 0,0334 \cos \left(\frac{360 (J - 2,706)}{365,5} \right) \right] \quad (3)$$

With:

E_0 : the solar constant (average value of E_0 , equal to $1370 [W/m^2]$);

J : The order number of the day in the year or date (example: 1 for January 1st).

For our case, we will consider four days to determine the daily irradiation (May 1st, June 1st, August 1st and September 1st of the year 2021).

Linke's disorder factor (TL) is given by the following formula [1, 3]:

$$T_L = 2,4 + 14,6b + 0,4(1+2b) \ln(P_v) \quad (4)$$

With:

b: the coefficient of atmospheric cloudiness which varies according to the environment;

P_v : vapor pressure in [mmHg];

For our study, the city of Dosso being an urban commune, we will then take $b = 0.10$ for the calculation of the Linke factor TL.

The expression of vapor pressure is given by the following relation [13]:

$$P_v = HR * P_{vs} \quad (5)$$

HR: the average relative humidity in [%]

P_{vs} : the pressure of the saturated vapor in (mmHg) is determined by the relation (6) [13]:

$$P_{vs} = 2,165 \left(1,098 + \frac{T}{100} \right)^{8,02} \quad (6)$$

T: the air temperature in [°C];

For the HR and T parameters, we used the data measured on our site when collecting data.

Using equation (7), we determine the direct incident radiation [1]:

$$I = 1370 \exp \left[\frac{-TL}{(0,9 + 9,4 \sin(h))} \right] \quad (7)$$

Direct irradiation on a horizontal plane is given by equation [1, 3]:

$$I_d = I \sin(h) \quad (8)$$

3.2 CALCULATION OF DIFFUSE RADIATION ON A HORIZONTAL PLANE

Diffuse irradiation is calculated from equation (9) [1, 3]:

$$I_D = 54,8 \sqrt{\sin(h)} \left[TL - 0,5 - \sqrt{\sin(h)} \right] \quad (9)$$

3.3 CALCULATION OF GLOBAL RADIATION ON A HORIZONTAL PLANE

Taking into account that the overall irradiation on a horizontal plane is the sum of the direct and diffuse irradiation, it will be given by the relation (10) [1, 3, 5]:

$$I_G = I_d + I_D \quad (10)$$

3.4 SOLAR RADIATION DATA

For our study, we used data from Helioclim-3. They are obtained from the soda site by integrating the geographical coordinates of our data collection site (city of Dosso) [6]. As the data from these sites are expressed in Universal Time (UT), we give the results of the measurements and those calculated according to Universal Time.

4 RESULTS AND INTERPRETATION

In this part, we present the results of the measurements carried out and the discussion.

4.1 EVOLUTION OF MEASURED SOLAR RADIATION

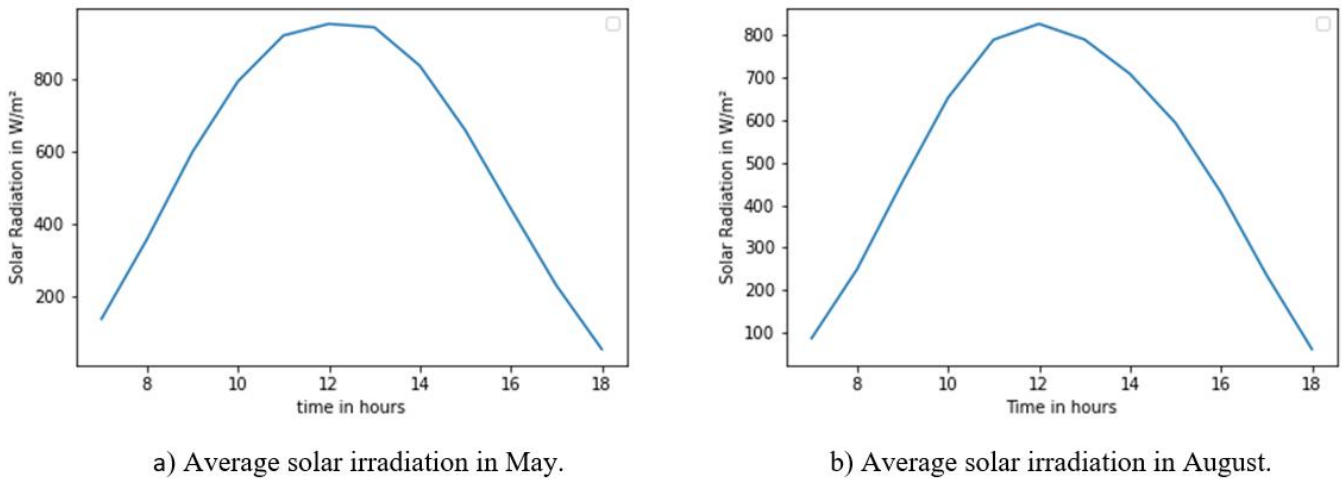


Fig. 5. The daily averages of global solar radiation on a horizontal plane in Dosso in May and August 2021

The data is obtained from the Soda site, integrating the geographical coordinates of our site. We represent the curves (Figure 5) indicating the evolution of the measured global solar radiation [6].

In view of the results obtained from the different measurements, we see that solar energy is available in DOSSO both in the month with high temperature (May) and in the month with high humidity (August), with an uneven daily distribution. The maximum hourly average obtained in May is 951.81 W/m^2 recorded at 12: 00 and the minimum average is 55.09 W/m^2 recorded at 18: 00.

In August, the maximum average is 827.15 W/m^2 at 12: 00 and the minimum average is 61.09 W/m^2 at 18: 00.

We notice that solar radiation is higher in May than in August.

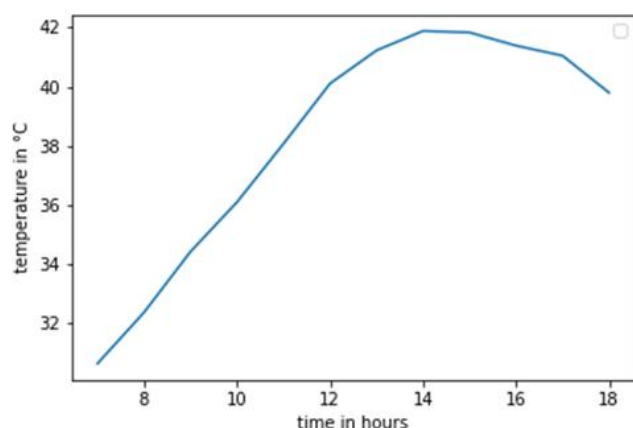
This uneven distribution over time can be explained by seasonal variability. Indeed, during the month of August the radiation is reduced by the combined actions of the effects of clouds, rain and dust.

4.2 TEMPERATURE EVOLUTION

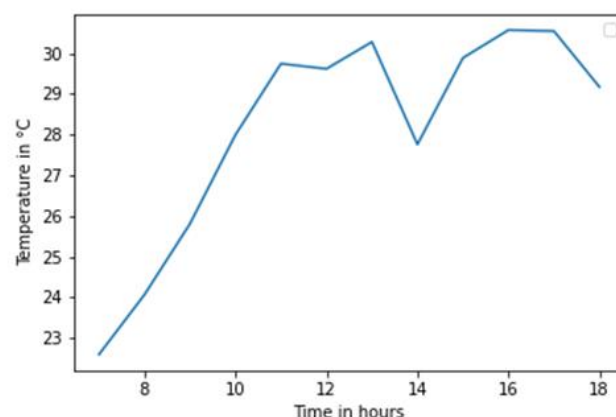
The temperature is much higher in May than in August. From the measurements made on our site, during the month of May, the minimum hourly average temperature recorded is 30.6°C at 7: 00 am. The temperature obtained at 18: 00 is 39.8°C . However, the maximum average is recorded at 14: 00 with a value of 41.9°C .

For the month of August, the average minimum temperature is recorded at 7: 00 am and is 22.2°C , at 6: 00 pm the temperature is 29.2°C and the maximum average is recorded at 4: 00 pm with a value of 30.6°C .

Figure 6, presents the temperature evolution during the month of May and August of the year 2021 in DOSSO:



a) Average temperature in May



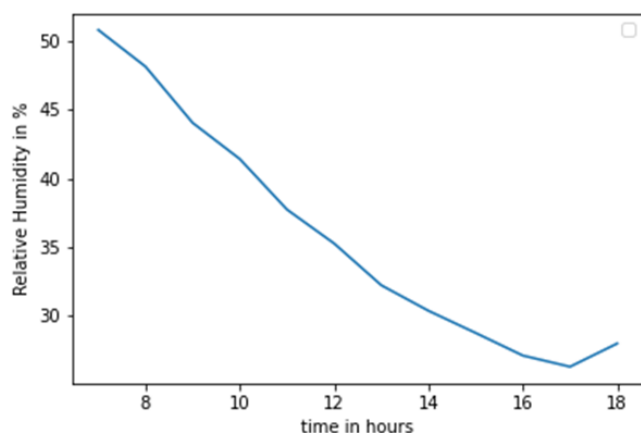
b) Average temperature in August

Fig. 6. Curves of evolution of the average temperature in May and August of the year 2021 in Dosso

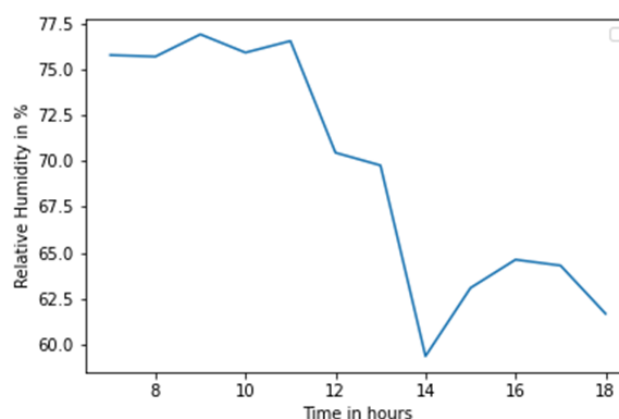
We notice a fairly significant drop in temperature in August compared to May and a fluctuation is observable on the values between 11: 00 and 14: 00. This difference is explained by the presence of clouds, which decreases the intensity of the radiation.

Here, we see that the pace of the temperature curves evolves in the same direction as that of solar radiation.

4.3 EVOLUTION OF RELATIVE AIR HUMIDITY



a) Average relative air humidity in May.



b) Average relative air humidity in August.

Fig. 7. Curves of evolution of the average relative air humidity in May and August of 2021 in Dosso

Relative air humidity measurements allowed us to compare the humidity level in May and August of 2021. The curves in Figure 7 show the evolution of relative air humidity as a function of time for the two months

From curve (a) (figure 7) showing the evolution of air humidity during the month of May, we notice a decrease from 7: 00 a.m., where the humidity is maximum with a value of 50.82%, until 17: 00 with a value of 26.3%, then begins a growth phase between 17: 00 and 18: 00 where the curve reaches a value of 28%.

Curve (b) in Figure 7 shows the evolution of air humidity in August. This humidity reaches the maximum value at 9: 00 a.m., which is 76.9% and then decreases to 59.4% at 14: 00. From 14: 00 begins an increase in humidity up to 65% and then a decrease is observed. This slight variation in humidity is due to cloud cover.

From the two curves, we notice that the air humidity is much higher in August than in May.

4.4 COMPARISON OF SOME MEASURED VALUES WITH CALCULATED VALUES

To make this comparison, we plotted on each figure the curve of the measured radiation and that of the theoretical radiation (calculated) for a horizontal plane.

- Day of May 1st 2021

The day of May 1st 2021, was characterized by a clear sky until 14: 00 when a presence of cloud cover is observable until sunset. We notice in Figure 8 from 12: 00, the measured values are lower than the theoretical values with a significant drop in both values from 14: 00 until 18: 00.

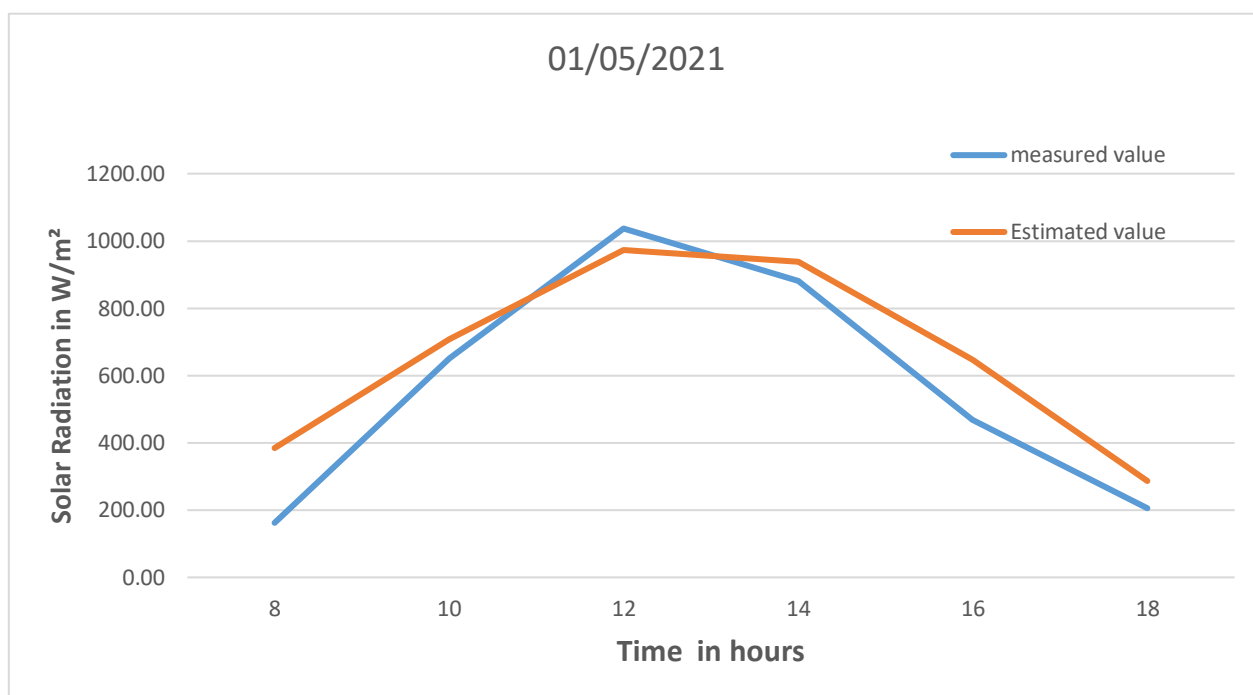


Fig. 8. Comparison curves of global solar irradiation

- Day of June 1st, 2021

The day of June 1st, was marked by clear skies from sunrise to sunset.

Here, we notice in Figure 9 a significant drop in measured and theoretical irradiation from 14: 00 to 18: 00 with a smaller deviation.

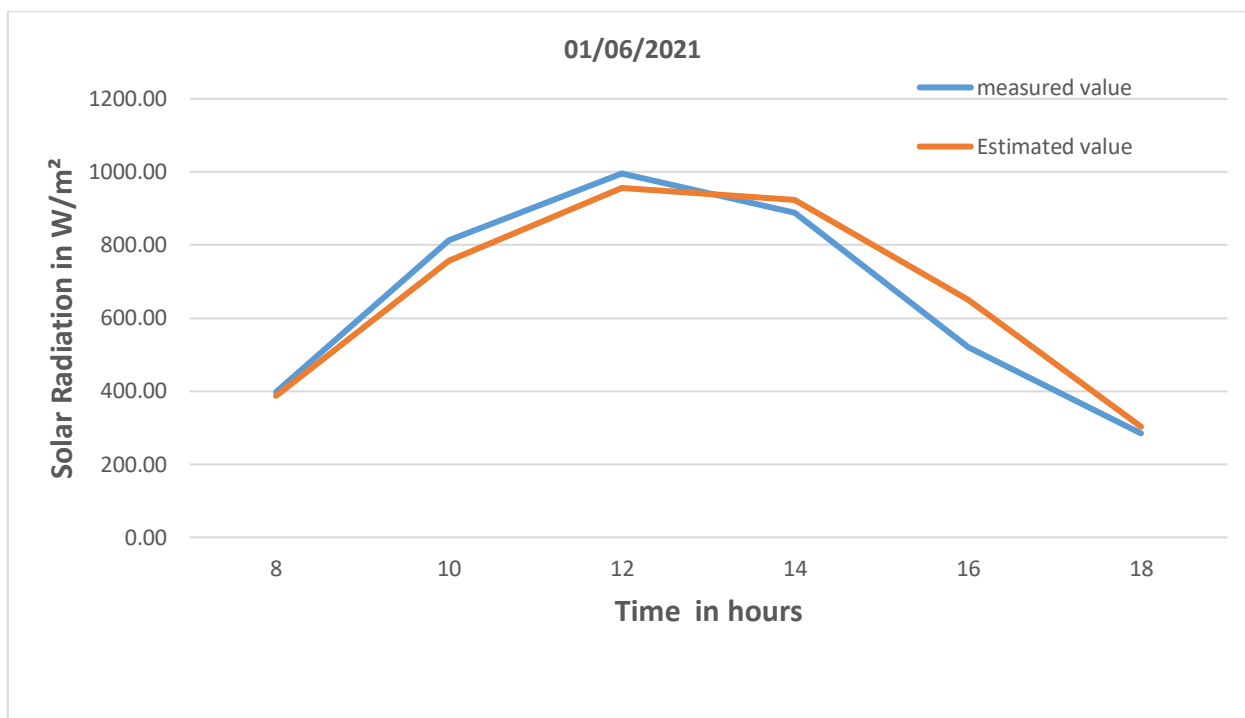


Fig. 9. Comparison curves of global solar irradiation

For the Day of August 1st 2021: August 1st was marked by a clear sky from sunrise to 11: 00 am, then a cloudy attenuation of the sky until sunset. We notice in Figure 10, that from 12: 00, the measured value becomes lower than that estimated until 18: 00.

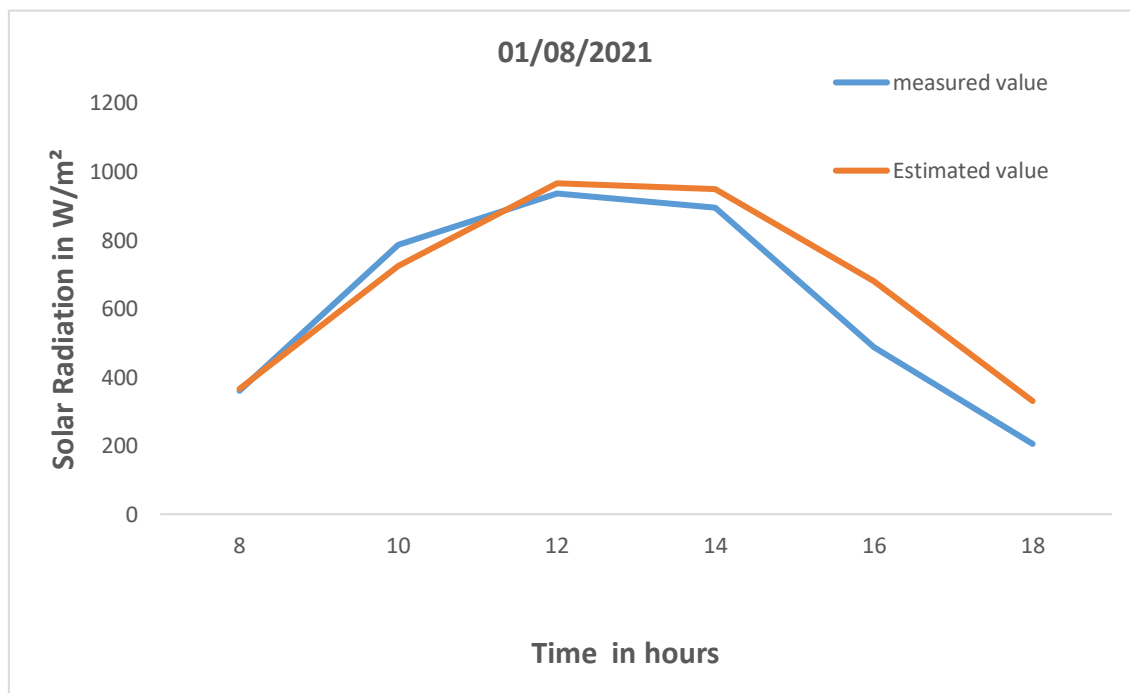


Fig. 10. Comparison curves of global solar irradiation

- For the day of September 1st, 2021:

The day of September 1st was characterized by a presence of cloud cover until 9: 00 am, then a clear sky (clear sky) for the rest of the day. Here according to Figure 11 the estimated value becomes higher than the value measured from 12: 00 to 18: 00.

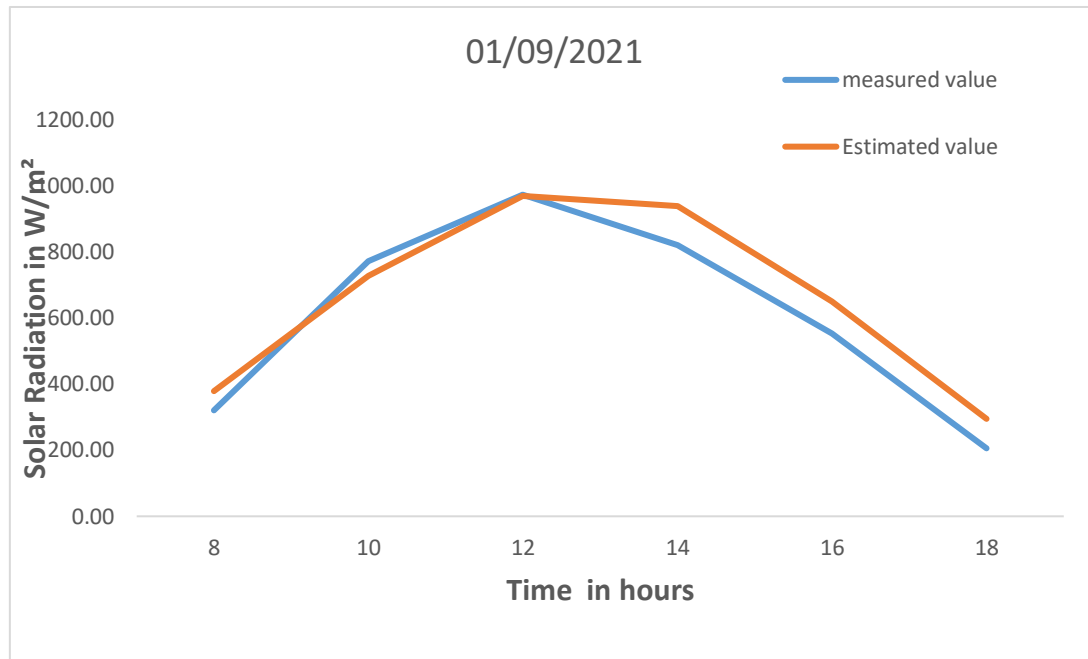


Fig. 11. Comparison curves of global solar irradiation

We note for the four days considered that the measured values of the global radiation exceed the estimated values, from sunrise to zenith (about 12: 00), except for the day of September 1st when between 8: 00 and 9: 00, the theoretical values are slightly higher than the calculated values. This difference is due to the attenuation of the sky by the passage of clouds. However, once the sun reaches zenith, the estimated solar radiation values are higher than the measured values.

4.5 SOLAR RADIATION AND RELATIVE HUMIDITY

The data of solar radiation and those of the relative humidity of the air of our site, allowed us to draw curves, presenting the evolution of the radiation as a function of humidity for the months of May and August figure (12).

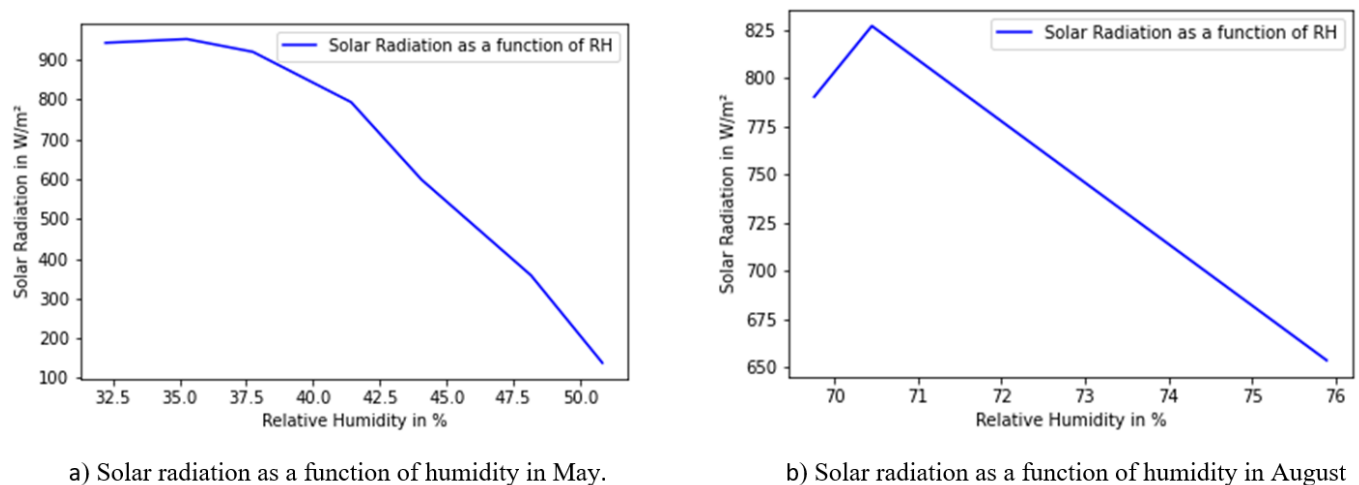


Fig. 12. Curves of evolution of global radiation as a function of relative humidity of the air in Dosso in May and August of the year 2021

From these curves we note, in May as in August, a significant drop in solar radiation when the relative humidity of the air increases. The period of minimum humidity corresponds to that of maximum radiation. A significant variation in solar radiation followed by some disturbances is observed in August, which is due to the high humidity recorded during the month of August and other meteorological phenomena (precipitation, wind, pressure), favoring the humidity of the air.

5 CONCLUSION

The city of DOSSO, has a large solar deposit that will be enough to realize solar thermal or photovoltaic installations. However, meteorological factors such as temperature, wind, dust but especially the relative humidity of the air due to the geographical position of the region (Sudanian zone) considerably reduce the effectiveness of the solar potential on the surface of the earth.

The variation of the relative humidity of the air of a place over the course of a day, a month or a year, causes a great influence on the solar deposit of the place. If it increases, the power of solar radiation weakens.

We made a comparison between the two values of global radiation: for the day of May 1st, a maximum value of 1036 W/m^2 was obtained from satellite data against 973 W/m^2 for the theoretical value, hence a good agreement between the values. Indeed, the relative error is: 6.08%.

REFERENCES

- [1] M. Dankassoua.2017, «Study of global solar radiation in Niamey of the pre-monsoon period and the monsoon of the year 2013», Renewable energy review vol 20N°1 (2017), pp 131-146.
- [2] A. M’Raoui, S. Mouhous, A. Malek and B. Benyoucef, «Statistical study of solar radiation in Algiers», Renewable energy review Vol. 14 N°4 (2011), pp 637 – 648.
- [3] Y. Coulibaly, S. Gaye, A. Wereme, B. Dieng and G. Sissoko «Evaluation of the components of solar irradiance: application to the determination of the equilibrium temperatures of roofs», J. Sci.Vol. 5, No. 1 (2005), pp 58-70.
- [4] M.R. Yaïche and S.M.A. Bekkouché «Design and validation of a program under Excel for the estimation of incident solar radiation in Algeria Case of a totally clear sky», Renewable energy review Vol. 11 N°3 (2008), pp 423 – 436.
- [5] H. SANI DAN NOMAO, A. BOUBACAR MAIKANO, Mariama P. SIDO, Makinta, BOUKAR, «Study of Four (4) Semi-Empirical Models for Estimating Direct Radiation from the Sun and Modeling for Application to the Solar Thermodynamic System,» Eur. J. Appl. Sci., vol. 10, no. 4, pp. 765–782, 2022.
- [6] <http://www.soda-pro.com/web-services/radiation/cams-radiation-service>, 16/01/2022 at 1: 34 p.m.
- [7] S. Benkacali and K. Gairaa, «Modelling of incident global solar irradiation on an inclined plane», Renewable energy review Vol. 17 N°2 (2014), pp 245 – 252.
- [8] K. Dahmani, G. Notton, R. Dizène and C. Paoli, «State of the art on artificial neural networks applied to the estimation of solar radiation», Renewable energy review Vol. 15 N°4 (2012), pp687 – 702.
- [9] HAI ABDELHAKIM al, «Correlation study between solar irradiation and meteorological factors», master’s thesis, Abderrahmane Mira-Bejaïa University, year 2013, 64 pages.
- [10] Kahina OUALI, «Influence of meteorological factors on solar radiation», magister’s thesis, Abderrahmane Mira-Bejaïa University, June 13, 2011, 58 pages.
- [11] A. Ibrahim and M. Dankassoua; «Measurement of global solar radiation in Niamey», master’s thesis of the Abdou Moumouni University of Niamey, year 2013.
- [12] Zhipeng QU, «The new Heliosat-4 method for the evaluation of solar radiation on the ground» PhD thesis, National School of mines of Paris, October 29, 2013, 199 pages.
- [13] R. Navaloniaina Lucien and R. Jimmy Lariot Michael, «Project for the installation of a photovoltaic solar power plant with a capacity of 5 MWc to serve the Atsimo Andrefana region of Madagascar», December 19, 2017, 124 pages.
- [14] K. Abdeladim et al. «Methodology for predicting solar radiation», Renewable energy review Vol. 20 N°3 (2017) 505 – 510.

Ethnobotanical survey of indigenous leafy vegetables consumed by the populations of the prefecture of Lobaye in the Central African Republic

Madiapevo Stephane Nazaire¹, Ndotar Michel², Worowounga Xavier³, and Mandago Jean Bedel²

¹Faculty of Sciences, University of Bangui, Central African Republic

²Ecole Normale Supérieure, University of Bangui, Central African Republic

³Laboratoire d'Analyse, d'Architecture et de Réactivité des Substances Naturelles (LAARSN), Faculté des Sciences, Université de Bangui, BP 908, Bangui, Central African Republic

Copyright © 2023 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: Several nations have integrated food security for a long time, thus undertaking a fight against malnutrition in all its forms. This work aimed to inventory the indigenous leafy vegetables of the prefecture of Lobaye in the Central African Republic. To do this, an ethnobotanical survey was conducted among 144 people. The survey was carried out during the period from May to October 2022. In total, sixty-three (63) species were identified, grouped into forty-six (46) genera and belonging to thirty-one (31) botanical families. The sub-prefecture of Pissa totals 56 species, that of Boda 54 and 48 for that of M'baïki. The most represented families are Tiliaceae (6 species) and Moraceae (5 species). The analysis of ethnobotanical data revealed that the leaf is the most used organ (95.24%); 66.67% of leafy vegetables are consumed as complementary nutritional sources while 33.33% are functional foods. Cooking is the most used method of preparation (98.41%). The biological forms that produce more leaves consumed are herbs (38.09%). The habitat of these species is in particular the forest, fallow land and fields. The well-known species (50 to 100%) are fourteen (14) in number or 22.22% of the total specimens. In addition, the results showed that fourteen (14) LFI species are subject to significant trade in local markets. This study showed that there is still a high diversity of LFI species in the prefecture of Lobaye in the Central African Republic.

KEYWORDS: Ethnobotany, indigenous leafy vegetables, rural environment, Lobaye (Central African Republic).

1 INTRODUCTION

The tropical rainforests of Central Africa cover 241 million hectares, more than half of which represents the Congo Basin and is the largest forest of this type existing in the world, after that of the Amazon [1]. They are rich, made up of a significant proportion of Non-Timber Forest Products of plant origin. Several nations have integrated food security for a long time [2], thus undertaking a fight against malnutrition in all its forms [2], [3].



Fig. 1. Package of *Gnetum africanum* leaves (a), hin strips of *Gnetum africanum* leaves (b)

Photo S.N. MADIPEVO, 2022

In the Central African Republic, particularly in the prefecture of Lobaye, leafy vegetables from wild species occupy a prominent place in the diet of rural populations. The collection and sale of these products provide significant benefits, especially to women, and help reduce poverty in rural areas. To date, there is very little knowledge about the nature and importance of these resources, even though they should be better known to be more valued. The aim of this work was to conduct an ethnobotanical survey to identify the indigenous leafy vegetables consumed by the rural populations of the prefecture of Lobaye in the Central African Republic. The specific objectives were to determine the local taxonomy, habitat, method of preparation and use made of these native leafy vegetables. To our knowledge, this is the first time that such a study of this kind has been carried out in the aforementioned prefecture.

1.1 STUDY SITE

La Lobaye is one of the sixteen (16) prefectures of the Central African Republic. It is located in the south-west of the country, bordering the Republic of Congo and the Democratic Republic of Congo. It covers an area of 19,235 km² with a population of 246,875 inhabitants [4] for a density of 12.83 inhabitants per km². The main ethnic group is made up of the Ngbaka, alongside the Gbaya, Mandjombo, Mbaté and Boffi. Lobaye is bounded to the north and east by the Ombella M'Poko; to the south-west by the Oubangui River which marks the border with the Democratic Republic of Congo; to the west by Sangha-Mbaéré; and to the North-West by Mambéré-Kadéï. The climate is of the humid tropical type, characterized by the alternation of the dry season and the rainy season. The average temperature is 27°C with an average annual rainfall of 1,800 millimetres. The soil is of the ferrallitic type. The flora is represented by large tropical forests. It belongs to the Guinean-Congolese region, to the Congo Basin domain. Figure 1 gives the geographic location of the study area.



Fig. 2. Map of the location of the study area

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 BIOLOGICAL MATERIAL

The biological material consists of leaves and buds from wild species consumed by the different ethnic groups of the prefecture of Lobaye. Reference herbaria were compiled and stored at the Plant and Fungal Biology Laboratory of the University of Bangui according to the techniques and methods of Schnell [5]. Photos were also taken in the field to support this identification.

2.2 SAMPLING

Surveys based on the Semi-Structured Interview method [6], [7], were conducted among 108 consumers (90 women and 18 men) and 36 sellers of market LFIs. A total of 144 individuals were surveyed. The questionnaire focused on the following five (5) main points: (i) the non-vernacular; (ii) uses; (iii) housing; (iv) morphological types; (v) method of preparation. These surveys were carried out both in the dry period and in the rainy period from May to October 2023.

2.2.1 CONSUMER SURVEY

The consumer survey was carried out in three sub-prefectures, chosen according to their geographical positions and the high sale of LFIs in their market. These are Pissa (69 km from the city of Bangui), M'baïki (107 km from the city of Bangui) and Boda (192 km from the city of Bangui). In each sub-prefecture, three (3) villages were selected as sites for ethnobotanical investigations. The survey was based on the interview of 12 people per village, chosen at random, i.e. a total of 108 people surveyed.

2.2.2 SURVEY CARRIED OUT AMONG SELLERS

The survey among vendors took place in three (3) local markets, namely the markets of Pissa, Boda and M'baïki. For this survey, 12 saleswomen per market were interviewed, making a total of 36 people interviewed. The criterion of the LFI sellers essentially resided in the richness of their following display of at least three (3) different types of LFI per display. Some samples of the LFIs sold were purchased in order to motivate respondents to cooperate and actively participate in the interview granted.

2.3 ANALYTICAL METHODS

2.3.1 SPECIES INVENTORIED

A list of LFI species in the Lobaye prefecture has been drawn up. The data collected in the field have been supplemented and enriched by the work of authors such as Letouzey [8], Chenu et al [9].

2.3.2 LEVEL OF KNOWLEDGE

In order to better present the results obtained, we deemed it necessary to use the criteria of knowledge and effective consumption according to Ambé [10]. The level of relative village knowledge (Cr. %) for each species was estimated by the ratio between the number of people knowing the species (n) and the total number of people questioned (N). It is translated by the following formula: $Cr = (n/N) \times 100$

The method of Dajoz [11] made it possible to divide the species into three groups: the first group, from 50 to 100%, includes the best known species; the second group, from 25 to 50%, contains moderately known species, and the third group, from 0 to 25%, includes little known species.

2.4 STATISTICAL ANALYZES

The survey sheets were analyzed manually and the data was processed and analyzed using Excel software.

3 RESULTS

3.1 SPECIES INVENTORIED

The ethnobotanical survey made it possible to identify 63 LFI species, distributed in 46 genera and 31 families. Among these species, 61 have been fully determined at the specific level, 02 at the generic level. The sub-prefecture of Pissa totals 56 species, that of Boda 54 and 48 for that of M'baïki. The most represented families are Tiliaceae (6 species) and Moraceae (5 species). The list of botanical species and families is presented in Appendix II, along with ethnobotanical data and ecological characteristics.

3.2 LEVEL OF KNOWLEDGE OF LFIS

The species recorded in the field are distributed in Table 1 below.

Table 1. Distribution of species by frequency of recognition in the different localities

Scientific names	PISSA	M'BAÏKI	BODA	Absolute frequency	(%)	
<i>Gnetum africanum</i> Welw.	48	48	48	144	100,00	Well known species
<i>Gnetum bucholzianum</i> Welw.	48	48	40	136	94,44	
<i>Dorstenia scaphigera</i> Bureau;	40	43	36	119	82,64	
<i>Hillieria latifolia</i> (Lam.) Walter	40	41	35	116	80,56	
<i>Talinum triangulare</i> L.	40	40	35	115	79,86	
<i>Portulaca oleracea</i> L.	38	34	24	96	66,67	
<i>Combretum mucronatum</i> Schum.& Thom.	24	30	35	89	61,81	
<i>Dorstenia briei</i> De Wild.	28	34	25	87	60,42	
<i>Corchorus olitorius</i> L.	24	37	22	83	57,64	
<i>Amaranthus dubius</i> Mart. Es Thell	24	36	21	81	56,25	
<i>Amaranthus spinosum</i> L.	24	36	21	81	56,25	
<i>Corchorus tridens</i> L.	23	24	34	81	56,25	
<i>Fagara heitzii</i> De Wild Cyuin.	28	30	15	73	50,69	
<i>Fagara macrophylla</i> (Aubr & Pellegr.) Waterman	27	32	13	72	50,00	
<i>Corchorus aestuans</i> L.	22	19	30	71	49,31	Moderately known species
<i>Hibiscus acetosella</i> Welw. Ex hiern	25	27	19	71	49,31	
<i>Solanum nigrum</i> L.	23	13	31	67	46,53	
<i>Bombax buonozensis</i> P. Beauv	14	30	22	66	45,83	
<i>Solanum indicum</i> L.	22	12	31	65	45,14	
<i>Capsicum frutescens</i> (L.)	28	18	17	63	43,75	
<i>Borreria verticillata</i> (Linn.) G.F.W. Mey	18	18	25	61	42,36	
<i>Costus afer</i> Ker gawl.	27	18	14	59	40,97	
<i>Ocinum basilicum</i> L.	23	20	11	54	37,50	
<i>Ocinum gratissimum</i> L.	24	19	11	54	37,50	
<i>Lippia adoensis</i> Hochst. ex Walp.	19	18	10	47	32,64	
<i>Piper guineense</i> Schum. & Thonn.	19	24	4	47	32,64	
<i>Pteridium aquilium</i> (L) Kuhn (Bracken)	17	22	5	44	30,56	
<i>Piper umbellatum</i> L.	11	27	5	43	29,86	
<i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv.	19	21	2	42	29,17	
<i>Trilepisum madagascariensis</i> DC	10	18	14	42	29,17	
<i>Portulaca quadrifida</i> L.	22	19	0	41	28,47	
<i>Xylopi aethiopica</i> (Dunal) A. Riches	5	24	12	41	28,47	
<i>Aframomum melegueta</i> (Rosc.K. Schum)	23	9	7	39	27,08	Moderately known species
<i>Megaphrynium macrostachyum</i> (Benth.) Milne - Redh	12	14	13	39	27,08	
<i>Abrus precatorius</i> L.	14	14	6	34	23,61	
<i>Cissus ibuensis</i> (Hook.f.)	14	13	0	27	18,75	
<i>Lycopodium phlemaria</i> L.	3	0	22	25	17,36	
<i>Ficus sycomorus</i> L.	13	9	0	22	15,28	
<i>Cissus debilis</i> (Baker)	14	8	0	22	15,28	
<i>Momordica charantia</i> L.	1	0	17	18	12,50	
<i>Chenopodium</i> sp.	0	0	17	17	11,81	
<i>Macaranga</i> sp.	2	14	0	16	11,11	
<i>Cassia tora</i> L.	4	2	10	16	11,11	
<i>Colocassia esculenta</i> L.	2	0	14	16	11,11	
<i>Marsilea crenata</i> L.	4	0	12	16	11,11	
<i>Tetrapleura tetraptera</i> (Schum. & Thonn.) Taub.	10	4	1	15	10,42	

<i>Hibiscus asper</i> Hood	2	0	13	15	10,42
<i>Solanum torvum</i> SW.	2	0	12	14	9,72
<i>Chlorophora excelsa</i> (Welw.) Beauv.	0	12	1	13	9,03
<i>Ceiba pentandra</i> (L) Gaerth	2	0	10	12	8,33
<i>Telfairia occidentalis</i> Hook.f.	1	0	10	11	7,64
<i>Cucumeropsis mannii</i> Naud.	0	0	11	11	7,64
<i>Paullinia pinnata</i> L.	7	4	0	11	7,64
<i>Tretracera alnifolia</i> Willd.	1	0	8	9	6,25
<i>Cassia occidentalis</i> L.	5	3	0	8	5,56
<i>Celosia laxa</i> Schum & Thonn.	2	0	6	8	5,56
<i>Psychotria brevipaniculata</i> De Wild.	1	7	0	8	5,56
<i>Triumphetta pubescens</i> R. Wilczek	0	0	7	7	4,86
<i>Triumphetta cordifolia</i> A. Riche.	0	0	6	6	4,17
<i>Triumphetta rhomboides</i> Jack.	0	0	6	6	4,17
<i>Vitex grandifolia</i> Gürke	2	0	4	6	4,17
<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum	0	2	1	3	2,08
<i>Momordica foetida</i> Schumach	2	0	0	2	1,39

It appears from Table 1 above that the species best known by 50 to 100% of the respondents are 14 in number, i.e. 22.22%. Then, the species whose level of knowledge is between 25 to 50% are 20 in number, or 31.74% of the whole. Finally, the species that were indicated by 25% of respondents are 29 (46.04%). The proportions of these three levels of knowledge are shown in Figure 3 below.

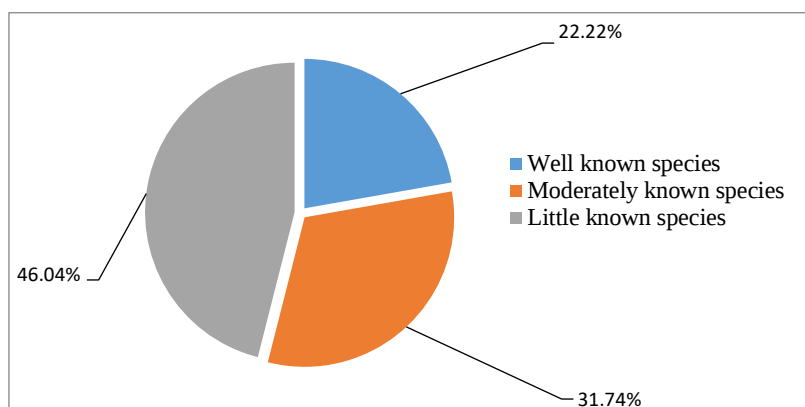


Fig. 3. The proportions of these three levels of knowledge

This figure shows that the best known species represent 22.22%, the moderately known species 31.74% and the little known species 46.04%,

3.2.1 MOST KNOWN SPECIES

The best known species are 14 in number, or 22.22% of the total specimens. Their level of knowledge varies between 50% and 100% (Table 1). They are: *Gnetum africanum*, *Gnetum bucholzianum*, *Dorstenia scaphigera*, *Hillieria latifolia*, *Talinum triangulare*, *Portulaca oleracea*, *Combretum mucronatum*, *Dorstenia briei*, *Corchorus olitorius*, *Amaranthus dubius*, *Amaranthus spinosum*, *Corchorus tridens*, *Fagara heitzii*, *Fagara macrophylla*. The 144 people interviewed admit having consumed these species at least once. Among these best-known species, the leaves of *Gnetum* spp. are the most sought after.

Their food appreciation seems to be nutritional quality, taste and cultural value. These leaves are permanent on vines in the forest. Once harvested in its habitat, they can be stored more easily in the open air in the sun. This is why they are available almost all year round in the markets surveyed. The leaves of *Talinum triangulare*, *Portulaca oleracea*, *Hillieria latifolia*, *Corchorus olitorius*, *Amaranthus dubius*, *Amaranthus spinosum* are seasonal. Once these fresh leaves are harvested from the wild, they

are used for home consumption. The sale of these products remains limited in local markets for conservation reasons. The following figure shows some of the more well-known LFIs sold in local markets.



Fig. 4. Leaves of *Gnetum bucholzianum* (a), Leaves of *Gnetum africanum* (b), Leaves of *Talinum triangulare* (c)

3.2.2 MODERATELY KNOWN SPECIES

The moderately known species are 20 in number, or 31.74% of the total number of species recorded. Their level of knowledge is between 25 and 50% (Table 1). However, some of them are sold in local markets. These include *Hibiscus acetosella*, *Solanum nigrum*, *Lippia adoensis*, *Solanum indicum* and *Piper guineense*. Their availability is seasonal in the markets surveyed. However, 15 species (*Corchorus aestuans*, *Bombax buonozensis*, *Solanum indicum*, *Capsicum frutescens*, *Borreria verticillata*, *Costus afer*, *Ocinum basilicum*, *Ocinum gratissimum*, *Piper guineense*, *Pteridium aquilium*, *Piper umbellatum*, *Myrianthus arboreus*, *Trilepisum madagascariensis*, *Portulaca quadrifida*, *Xylopia aethiopica*, *Aframomum melegueta*, *Megaphrynium macrostachyum*) are locally and seasonally consumed. The consumption of leaves of *Solanum nigrum* and those of *Corchorus aestuans* is important in the sub-prefecture of Boda, as well as the leaves of *Bombax buonozensis* in the sub-prefecture of M'Baïki. The leaves of *Ocinum gratissimum*, the buds of *Megaphrynium macrostachyum*, the young leaves and buds of *Myrianthus arboreus* are presented in figure 4 below.



Fig. 5. Leaves of *Ocimum gratissimum* (a), Buds of *Megaphrynium macrostachyum* (b), Young leaves and buds of *Myrianthus arboreus* (c).

3.2.3 LITTLE KNOWN SPECIES

Little-known species are 29 of the 63 taxa, or 46.04%. Their level of knowledge is between 0 and 25% (Table 1). Almost all of these species have a limited range and are the subject of domestic consumption. In this group, *Triumphetta cordifolia* is the only species that is sold despite being mentioned less often. These leaves are used in the preparation of sauces to which they give them a sticky consistency. They also change the texture of sauces by giving them a mild taste.

3.3 ORGANS CONSUMED

In general, the leaves are the most consumed. They represent 95.24% of the species encountered. The buds are only 4.76%.

3.4 MODE OF PREPARATION OF LFIS

According to the method of preparation, 62 species are to be cooked before their consumption, i.e. 98.41%, while one species (1.59%) is eaten raw (*Abrus precatorius* L.).

3.5 CATEGORIES OF USE

Regarding the categories of use, 66.67% of LFIs are consumed as sources of nutritional supplements while 33.33% are functional foods.

3.6 MORPHOLOGICAL TYPE

The listed species are represented by 38.09% of grasses, shrubs account for 28.57%, trees total 19.04% and lianas represent only 14.30%.

3.7 HABITAT

The different ecological environments hosting the inventoried species are presented in Appendix II. In the forest, 26 species have been listed, i.e. 41.15% of the taxa. Ubiquitous species are represented by 11.11% as well as species harvested from fallow land (11.11%). The species found both in forests and fallows are represented by 14.85%. In the fallows and in the fields, 12.30% of the species were counted. Four (4) species were recorded from forests and fields, three (3) species found in wetlands and finally one species (1) on the edges of forests. Four (4) best known species (*Hillieria latifolia*, *Talinum triangulare*, *Amaranthus dubius*, *Amaranthus spinosum*), one (1) moderately known (*Myrianthus arboreus*) and two (2) little known (*Triplochiton scleroxylon*, *Ceiba pentandra*) are found in all ecological environments. They are therefore ubiquitous.

3.8 DISTRIBUTION OF SPECIES ACCORDING TO ETHNIC GROUPS

Figure 5 below presents the distribution of species according to ethnicity.

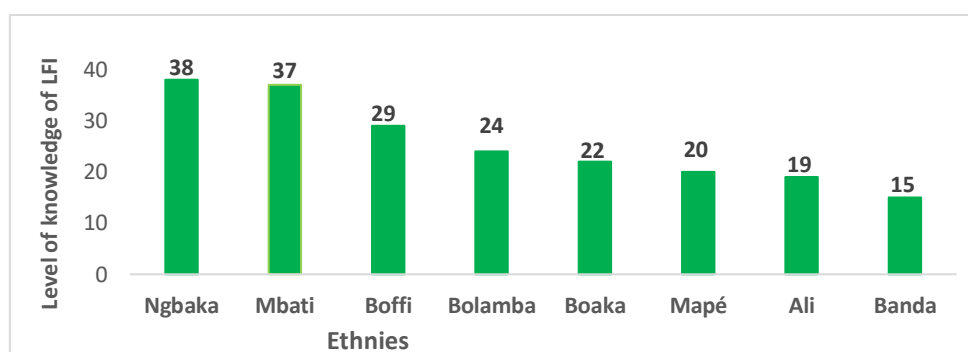


Fig. 6. Level of knowledge of LFI according to ethnicity

It appears from this figure 5 that the Ngbaka ethnic group, which gave the large number of LFI species (38), followed by the Mbati ethnic group (37). On the other hand, 15 species were cited by the Banda ethnic group. However, the Ngbaka ethnic group was the most representative with 60 respondents and the Banda ethnic group was represented by 3 respondents. The representativeness of the ethnic group could influence the number of LFIs known to each of them.

3.9 HARVEST AND PERIODS

Harvesting of LFIs is done in forests, fallows and fields. Periods vary depending on phenology and species availability. However, rural populations can obtain LFI from rural markets. The method for preserving LFIs is sun drying. The transformation of the leaves into powder remains the best practice for better conservation but also for a good concentration of nutrients. Overall, the transformation of dry LFIs is a strategy for livelihoods, marketing and strengthening food security during lean or shortage periods and even in the most difficult periods.

4 DISCUSSION

Various ethnobotanical studies in tropical Africa have shown the importance of wild food plants (fruits, leaves, roots) in the diet of rural populations. As part of this work, 63 species have been listed, distributed in 46 genera and 31 botanical families.

This result testifies to a great potential for diversity in terms of LFI in the Central African Republic, particularly in the prefecture of Lobaye.

From a floristic point of view, the locality that produces more species of LFI to the villagers is the sub-prefecture of Pissa (56 species), followed by Boda (54 species) and finally M'baïki (46 species). The low number observed in this last sub-prefecture is explained on the one hand by the non-consumption of certain species mentioned, and on the other by the degradation of the forests can also be one of the causes. Regarding the level of knowledge, the 63 species identified have been divided into three different groups: the first group of 50 to 100%, includes the best known species which are 14 in number, or 22.22%; the second group, from 25 to 50%, contains 20 moderately known species (31.74%), and the third group, from 0 to 25%, includes 29 little known species (49.06%). Most of these species come from the forest (41.15%). This is eloquent proof that rural populations are highly dependent on the forest for their survival. These results corroborate with the thesis according to which the life of the local population depends intimately on the forest because it harvests NWFPs and PFLs [12]. In addition, the results show that 14 species (*Gnetum* spp., *Talinum triangulare*, *Portulaca oleracea*, *Hillieria latifolia*, *Corchorus olitorius*, *Amaranthus dubius*, *Amaranthus spinosum*, *Hibiscus acetosella*, *Solanum nigrum*, *Lippia adoensis*, *Solanum indicum*, *Piper guineense*, *Triumphetta cordifolia*) are heavily marketed.

The activity of selling LFIs provides necessary income to rural women and allows them to meet various social obligations. More specifically, *Gnetum* spp. (koko and kani) have higher commercial values than other LFIs sold [13]. *Gnetum* is also, according to the conclusions of an international meeting on NWFPs held in Limbé in Cameroon [14], the first of the NWFPs with a high value both for domestic consumption and for marketing. The sales activity of these sheets contributes to the promotion of cross-border trade in Central Africa. These products are also sold in France and Belgium [15].

The picking of LFIs is done in the wild, occasionally depending on the period. Other previous studies revealed the same conclusion and agree on the period of abundant availability of leafy vegetables in the rainy season which are dried and reduced to powder and preserved to cover the dry season or lean periods [16], [17], [18]. Additionally, herbs offer more LFIs (38.09%) to rural communities than other biological forms, thus easily picked by women and children. However, it should be emphasized that overexploitation endangers the survival of wild leafy plants that are eaten. It is therefore essential to avoid excessive harvesting to ensure regular collection throughout the year and to protect the species. According to Van Zonneveld et al [19], the diversity of traditional plants is threatened particularly in Africa, and measures must be taken to conserve and use these species wisely. In addition, 23 species or 33.33% are not only food, but they are also used as medicine (foodstuffs: 33.33%). These leaves therefore turn out to be vegetative organs which would contain the appropriate active principles. Phytotherapists are also interested in these resources for the medical treatment of certain diseases. Among these therapeutic LFIs, the leaves of *Ocimum gratissimum* and *O. basilicum* have already been scientifically validated as vegetative organs with appropriate active ingredients by some authors [20], [21]. Regarding the mode of consumption, the results revealed that 62 LFI species (98.41%) are consumed cooked. However, only one species, or 1.59%, is occasionally eaten raw (*Arbrus precatorius*). When chewed, the raw leaves of this species give a characteristic sweet taste. However, the Ngbaka ethnic group followed by the Mbatî ethnic group are identified as consumers of most of these LFIs. This result is not so surprising because the Ngbaka ethnic group is the largest in Lobaye in terms of demographics. Also, the choice of purchase, the way of preparing the LFIs vary according to the villages, the ethnic groups and also according to the beliefs. During ceremonies in the villages, the LFI dish plays a special role.

During field investigations, it was found that farmers keep 8 species in their fields and fallows with multiple uses and functions. These are *Myrianthus arboreus*, *Ceiba pentandra*, *Abrus precatorius*, *Triplochiton scleroxylon*, *Tetrapleura tetraptera*, *Hillieria latifolia*, *Fagara macropylla* and *Fagara hetzii*. Thus, these species can therefore be easily proposed for domestication.

5 CONCLUSION

This study made it possible to show that the Central African flora abounds in a significant wealth of LFI species. Consumers use them mainly for the preparation of sauces and for therapeutic needs. Women are the most users. The habitat of these species is in particular the forest, the fields, and the fallows. The biological forms that produce more leaves consumed are herbs (38.09%). The best known species (50% to 100%) are 14 in number, or 22, 22%. Cooking is the most used method of preparation (98.41%). Also, each LFI is prepared according to a traditional process that is specific to it. The consumption of these LFIs reflects the historical and cultural diversity of the populations surveyed. The Ngbaka ethnic group and the Mbatî ethnic group were identified as consumers of most of these LFIs. In addition, the results obtained show that 14 species are subject to significant commercialization. The purchase prices of these products are low and offer greater ease of access to rural households to obtain supplies. The activity of selling LFI contributes to the reduction of poverty in rural areas.

LFI are perishable products where the problem of conservation has been acute for a very long time in the Central African Republic. It is important to implement strategies that would contribute to food security, nutrition, health and economic development. For this, it will be necessary to:

- make an accurate inventory of wild species by region;
- harvesting and analyzing the organs consumed;
- popularize the consumption of LFI as a local food;
- study the commercial importance of LFIs at the national level;
- promote agronomic research and investment in these resources;
- create botanical gardens for wild species with eaten leaves

The realization of all the above requires the constitution of a multidisciplinary group of geneticists, biochemists, economists, physiologists and botanists.

REFERENCES

- [1] FAO (2003). Prospective study of the forestry sector in Africa. Central Africa sub-regional report. Rome, Italy, FAO, 64p.
- [2] S. Muya Mulumba, B. Kabesa Mudingayi, M. Mumba Mumba, P. Tita ilunga, and G Kabanga Kalombo, «Comparative study of nutritious potentialities of maize (*Zea mays* L.) varieties consumed in Mbujimayi,» International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 39, no 1, pp. 209-215, 2023.
- [3] K. P. Deffan, L. Akanvou, R. Akanvou, G. J. Nemlin, P.L. Kouame, «évaluation morphologique et nutritionnelle de variétés locales et améliorées de maïs (*zea mays* L.) produites en côte d'Ivoire,» Afrique Science, vol. 11, no 3, pp.181-196, 2015.
- [4] R. Schnell, «Technique of herbalization and conservation of plants in tropical countries,» J. Agric. Too much. Bot. Appl, vol. 7, n° 3, pp. 16-48, 1960.
- [5] GDPR (2019). General Population and Housing Census, Implementation Report and Presentation of Results, Central African Republic.
- [6] S. D. Dibong, E. Mpondo Mpondo, A. Ngoye, J. L. Betti, «Ethnobotany and phytomedicine of medicinal plants sold in the markets of Douala, Cameroon», Journal of Applied Biosciences. vol. 37, pp. 2496 – 2507, 2011.
- [7] J. R. Klotoe, V. Tamegnon Dougnon, H. Koudokpon, Étude ethnobotanique des plantes utilisées dans le traitement du diabète chez les femmes enceintes à Cotonou et Abomey-Calavi (Bénin). Journal of animal and plant. Vol 18, no 1, pp: 2647-2658, 2013.
- [8] R. Letouzey. Manuel de Botanique Forestière. Afrique Tropicale. Nogent-sur-Marne, Centre Technique Forestier Tropical, 1969-1972. Tome I, 1969; Tome II, 1970-1972.
- [9] J. Chenu, L. Ake Assi (1992). Tropical and Congo medicinal plants, Volume 1, Bignone, Coutoubé.
- [10] G. A. Ambé. Edible wild fruits of the Guinean savannahs of Côte d'Ivoire: State of knowledge by a local population: The Malinkés Bioechnol.Agram. Joc.approx. vol 5, n° 1, pp. 43 – 58, 2001.
- [11] R. DAJOZ, (1982). Summary of ecology. Fundamental and applied ecology E. Gauthier – Viller, Paris 503p.
- [12] K. N. Ngbolua, M. M. Molongo, M.T.B. Libwa, J.J. D. Amogu, N. N. Kutshi, C. A. Massengo. Enquête ethnobotanique sur les plantes sauvages alimentaires dans le Territoire de Mobayi-Mbongo (Nord-Ubangi) en République Démocratique du Congo. Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2021) Vol 9, n° 2, pp. 261-267, 2021.
- [13] Apema R., Mozouloua, S.N. Madiapevo. Preliminary inventory of edible wild fruits sold in Bangui markets. Royal Botanic Garden: Kew, 313 – 319, 2010.
- [14] A. Fadi, A. Mafu Akier and R, «Carole Gnetum *africanum*: A Wild Food Plant from the African Forest with Many Nutritional and Medicinal Properties». Journal of Medicinal Food. Vol 14, no 1, pp: 1289-97, 2011.
- [15] H. Tabuna, 2000. The market for non-timber forest food products from Central Africa in France and Belgium. Current situation and prospects. Doctoral thesis from the National Museum of History in Paris. 226p.
- [16] K. M. Shiundu. Role of African leafy vegetables (ALVs) in alleviating food and nutrition insecurity. In Africa. A fr. J; Food Nutr. Science 2: 97 – 99, 2002.
- [17] K. Batawila, A. Sêminhwa, W. Kperkouma, M. Kanda. Diversity and management of picking vegetables in Togo. African Journal of food agriculture, nutrition and development, pp: 1-21, 2007.
- [18] S. Effoe, E. H. Gbekley, M. Mélila, A. Aban, T. Tchacondo, E. Osseyi, D. S. Karou et K. Kokou. Ethnobotanical study of food plants used in traditional medicine in the Maritime region of Togo. International Journal of Biological and Chemical Sciences. Vol 14, no 8, pp: 2837-2853, 2017.
- [19] M. V. Zonneveld, R. Kindt, S. Solberg, S. N'danikou, I.K. Dawson, Diversity and conservation of traditional African vegetables: Priorities for action. Diversity and distributions. Vo 27, pp: 216-232, 2021.

- [20] D. D. Tshilanda, D.N.V, Onyamboko, P. T. Mpiana, K. N. Ngolua, D. S. T. Tshibangu, M. B. Mbala, H. Bokolo Tubuma H, (1999). The Central African Non-Timber Forest Products market in France and Belgium: products, players, distribution channels and current outlets. Cifor occasional paper, 19p.
- [21] P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu, O.M. Shetonde, K.N. Ngbolua. In vitro antidrepanocytary activity (anti-sickle cell anemia) of some congolese plants, *Phytomedecine*, 14, pp: 192-195, 2007.

ANNEX I. ILLUSTRATIONS OF A FEW SAMPLES OF THE LFIS SURVEYED



Leaves of *Gnetum bucholzianum*



Leaves of *Gnetum africanum*



Leaves of *Talinum bucholzianum*



Leaves of *Ocimum gratissimum*



Leaves of *Corchorus olitorius*



Leaves of *Colocassia esculenta*



Bundle of *Dostenia scaphigera* leaves



Bundle of *Gnetum africanum* leaves



Bundle of *Gnetum bucholzianum* leaves



Hin strips of *Dostenia scaphigera* leaves Hin strips of *Gnetum africanum* leaves Hin strips of *Gnetum africanum* leaves (b)

ANNEX II. ETHNOBOTANICAL AND ECOLOGICAL DATA OF THE LISTED AREAS

N°	Scientific name	Vernacular names	Family	Organs Consumed	Categories of use	Form biological	Habitats	Method of preparation
1	<i>Abrus precatorius</i> L.	mbounga	Leguminosae	Leaves	Food	Liana	Forest, fallow	Believed
2	<i>Aframomum melegueta</i> (Rosc.K. Schum)	tondo	Zingiberaceae	Buds	Food	Grass	Forest	Cooking
3	<i>Amaranthus dubius</i> Mart. Es Thell	ngboudé	Amaranthaceae	Leaves	Food	Grass	Forest, fallow land, field	Cooking
4	<i>Amaranthus spinosum</i> L.	mbounguélé	Amaranthaceae	Leaves	Food	Tree	Forest, fallow land, field	Cooking
5	<i>Bombax buonozensis</i> P. Beauv	bouma	Bombacaceae	Leaves	Food	Tree	Forest, fallow	Cooking
6	<i>Capsicum frutescens</i> (L.)	mbolé dongo	Solanaceae	Leaves	Food	shrub	Jachère, champ	Cooking
7	<i>Cassia occidentalis</i> L.	kabodo	Leguminosae	Leaves	Food	shrub	Forest, field	Cooking
8	<i>Cassia tora</i> L.	kotomaféré	Leguminosae	Leaves	Food	shrub	Forest, fallow	Cooking
9	<i>Ceiba pentandra</i> (L) Gaerth	guila	Bombacaceae	Leaves	Food	Tree	Forest, fallow land, field	Cooking
10	<i>Celosia laxa</i> Schum & Thonn.	mokongangou	Amaranthaceae	Leaves	Food	shrub	Forest, fallow	Cooking
11	<i>Chenopodium</i> sp.	gouin	Chenopodiaceae	Leaves	Food	shrub	Forest edge	Cooking
12	<i>Chlorophora excelsa</i> (Welw.) Beauv.	mokoko	Moraceae	Leaves	Food	Tree	Forest	Cooking
13	<i>Cissus debilis</i> (Baker)	kangai	Vitaceae	Leaves	Food	shrub	Forest	Cooking
14	<i>Cissus ibuensis</i> (Hook.f.)	malo	Vitaceae	Leaves	Food	Liana	Forest	Cooking
15	<i>Capsicum frutescens</i> (L.)	mbolé dongo	Solanaceae	Leaves	Food	shrub	Fallow, field	Cooking
16	<i>Colocassia esculenta</i> L.	langa	Araceae	Leaves	Food	shrub	Wet area	Cooking
17	<i>Combretum mucronatum</i> Schum. & Thom.	kinkéliba	Combretaceae	Leaves	Food	Liana	Fallow, field	Cooking
18	<i>Corchorus aestuans</i> L.	goussa	Tiliaceae	Leaves	Food	shrub	Fallow	Cooking
19	<i>Corchorus olitorius</i> L.	déni	Tiliaceae	Leaves	Food	shrub	Fallow	Cooking
20	<i>Corchorus tridens</i> L.	déni ngôn	Tiliaceae	Leaves	Food	shrub	Fallow	Cooking
21	<i>Costus afer</i> Ker gawl.	ndanga-ndogo	Costaceae	Leaves	Food	shrub	Forest	Cooking
22	<i>Cucumeropsis mannii</i> Naud.	sindo	Cucurbitaceae	Leaves	Food	shrub	Forest, fallow	Cooking
23	<i>Dorstenia briei</i> De Wild.	nguézédé	Moraceae	Leaves	Food	Arbuste	Forest	Cooking
24	<i>Dorstenia scaphigera</i> Bureau	gbin	Moraceae	Leaves	Food	Grass	Forest	Cooking
25	<i>Fagara heitzii</i> De Wild Cyuin.	mbolongo	Rutaceae	Leaves	Food	Grass	Forest	Cooking
26	<i>Fagara macrophylla</i> (Aubr & Pellegr.) Waterman	badombé	Rutaceae	Leaves	Food	Grass	Forest	Cooking
27	<i>Ficussycomorus</i> L.	akaya	Moraceae	Leaves	Food	Grass	Forest	Cooking
28	<i>Gnetum africanum</i> Welw.	gba koko	Gnetaceae	Leaves	Food	Liana	Forest	Cooking
29	<i>Gnetum bucholzianum</i> Welw.	kani	Gnetaceae	Leaves	Food	Liana	Forest	Cooking

30	<i>Hibiscus acetosella</i> Welw. Ex hiem	zima	Malvaceae	Leaves	Food	Shrub	Forest	Cooking
31	<i>Hibiscus asper</i> Hood	koumba	Malvaceae	Leaves	Food	Shrub	Fallow	Cooking
32	<i>Hillieria latifolia</i> (Lam.) Walter	soumba	Phytolacaceae	Leaves	Food	Shrub	Forest, fallow, field	Cooking
33	<i>Lippia adoensis</i> Hochst. ex Walp.	kpakoro	Verbenaceae	Leaves	Food	Grass	Forest	Cooking
34	<i>Lycopodium phlemaria</i> L.	ngbéle	Lycopodiaceae	Leaves	Food	Grass	Forest	Cooking
35	<i>Macaranga</i> sp.	bassala	Euphorbiaceae	Leaves	Food	Shrub	Forest	Cooking
36	<i>Marsilea crenata</i> L.	kpâ ngo	Marsileaceae	Leaves	Food	Grass	Wet area	Cooking
37	<i>Megaphrynium macrostachyum</i> (Benth.) Milne - Redh	kpâ ngongo	Marantaceae	Leaves	Food	Grass	Forest	Cooking
38	<i>Momordica foetida</i> Schumach	wansaï	Cucurbitaceae	Leaves	Food	Grass	Forest, fallow	Cooking
39	<i>Momordica charantia</i> L.	mbombo	Cucurbitaceae	Leaves	Food	Grass	Fallow	Cooking
40	<i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv.	modiki	Cecropiaceae	Buds	Food	Grass	Forest, fallow, field	Cooking
41	<i>Ocinum basilicum</i> L.	matété	Lamiaceae	Leaves	Food	Shrub	Forest, field	Cooking
42	<i>Ocinum gratissimum</i> L.	ngbanda	Lamiaceae	Leaves	Food	Shrub	Forest, field	Cooking
43	<i>Paullinia pinnata</i> L.	tékoro	Sapindaceae	Leaves	Food	Liana	Forest	Cooking
44	<i>Piper guineense</i> Schum. & Thonn.	nguéréto	Piperaceae	Leaves	Food	Liana	Forest	Cooking
45	<i>Piper umbellatum</i> L.	éni	Piperaceae	Leaves	Food	Shrub	Forest, fallow	Cooking
46	<i>Portulaca oleracea</i> L.	lala	Portulacaceae	Leaves	Food	Grass	Forest, field	Cooking
47	<i>Portulaca quadrifida</i> L.	nzoakoko	Portulacaceae	Leaves	Food	Tree	Forest, field	Cooking
48	<i>Psychotria brevipaniculata</i> De Wild.	molo	Rubiaceae	Leaves	Food	Shrub	Forest	Cooking
49	<i>Pteridium aquilium</i> (L) Kuhn (Bracken)	ndée	Hypolepidaceae	Leaves	Food	Tree	Fallow, field	Cooking
50	<i>Solanum indicum</i> L.	nganghò	Solanaceae	Leaves	Food	Shrub	Fallow	Cooking
51	<i>Solanum nigrum</i> L.	ndoki	Solanaceae	Leaves	Food	Grass	Fallow	Cooking
52	<i>Solanum torvum</i> SW.	solé	Solanaceae	Leaves	Food	Shrub	Forest, field	Cooking
53	<i>Talinum triangulare</i> L.	moyégbé	Portulacaceae	Leaves	Food	Grass	Forest, fallow, field	Cooking
54	<i>Telfairia occidentalis</i> Hook.f.	gbassa	Cucurbitaceae	Leaves	Food	Liana	Forest, shurd	Cooking
55	<i>Tetrapleura tetraptera</i> (Schum. & Thonn.) Taub.	kanga yéyé	Legumonosae	Leaves	Food	Tree	Forest	Cooking
56	<i>Tretracera alnifolia</i> Willd.	gbéli	Dilleniaceae	Leaves	Food	Liana	Forest, fallow	Cooking
57	<i>Trilepisum madagascariensis</i> DC	pongui	Moraceae	Leaves	Food	Grass	Forest	Cooking
58	<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum	gbadon	Sterculiaceae	Leaves	Food	Grass	Forest, fallow land, field	Cooking
59	<i>Triumphetta cordifolia</i> A. Riche.	diolo	Tiliaceae	Leaves	Food	Shrub	Forest	Cooking
60	<i>Triumphetta pubescens</i> R. Wilczek	dongo	Tiliaceae	Leaves	Food	Shrub	Forest	Cooking
61	<i>Triumphetta rhomboides</i> Jack.	yandji	Tiliaceae	Leaves	Food	Shrub	Forest, field	Cooking
62	<i>Vitex grandifolia</i> Gürke	mbringo	Verbenaceae	Leaves	Food	Grass	Forest	Cooking
63	<i>Xylopia aethiopica</i> (Dunal) A. Riches	nzagué	Annonaceae	Leaves	Food	Grass	Forest	Cooking

Aménagement des haies vives autour des parcelles de manioc comme moyen de lutte contre le criquet puant (*Zonocerus variegatus* Linne)

[Planting hedgerows around cassava plots to control stink locusts (*Zonocerus variegatus* Linne)]

Laurent Kikeba Mbala¹, Antoine Mumba Djamba², Gilbert Pululu Mfwidi Nitu³, Ovide Yobila Nuambote⁴, Willy Bitwisila⁵, and Idi Eca Idrissa⁶

¹Université Loyola du Congo, Kinshasa, RD Congo

²Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

³Institut Supérieur Pédagogique de la Gombe, Kinshasa, RD Congo

⁴Université Kongo, Kongo Central, RD Congo

⁵Chercheur indépendant, Kinshasa, RD Congo

⁶Université Espoir du Congo, Sud-Kivu, RD Congo

Copyright © 2023 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: To evaluate the repellent or attractive properties of certain plant species to stink locusts, and to exploit them in the implementation of cropping systems likely to reduce the importance of the population of this pest and its damage on the cassava crop, a field experiment was carried out between November 2020 and December 2021. Living hedges consisting of *Vernonia amygdalina*, *Melinis minutiflora*, *Cymbopogon citratus*, *Lantana camara* and *Euphorbia turicali* were installed around the cassava plots. The living hedges with *Vernonia amygdalina* and *Lantana camara* acting as a trap crop gave low values for the number of insects on the cassava plots, incidence and severity of attacks compared to *Euphorbia turicali*, *Melinis minutiflora* and *Cymbopogon citratus*. The latter showed a phagorepellent effect as reflected by a higher number of stink locusts on cassava plots surrounded by living hedges made up of the above species. These five different species can therefore be used in the construction of integrated pest management systems to control locust damage to the cassava crop.

KEYWORDS: Agroecology, Allelopathy, living hedge, cassava, *Zonocerus variegatus*, RDC.

RESUME: Pour évaluer les propriétés répulsives ou attractives de certaines espèces végétales sur les criquets puants, les exploiter dans la mise en place des systèmes de culture susceptibles de réduire l'importance de la population de ce ravageur et de ses dégâts sur la culture de manioc, une expérimentation en plein champ a été réalisée entre novembre 2020 et décembre 2021 au village Kindamba dans le secteur de Mawanga. Des haies vives constituées de *Vernonia amygdalina*, *Melinis minutiflora*, *Cymbopogon citratus*, *Lantana camara* et *Euphorbia turicali* ont été installées autour des parcelles de manioc. Les haies vives avec *Vernonia amygdalina* et *Lantana camara* agissant comme culture piège ont donné des valeurs faibles pour le nombre d'insectes sur les parcelles de manioc, l'incidence et la sévérité des attaques par rapport à *Euphorbia turicali*, *Melinis minutiflora* et *Cymbopogon citratus*. Ces derniers ont manifesté un effet phagorépulsif traduit par un nombre plus important des criquets puants sur les parcelles de manioc entourées par des haies vives constituées par les espèces précitées. Ces cinq

différentes espèces peuvent donc être utilisées dans la construction des systèmes de lutte intégrée pour juguler les dégâts des criquets puants sur la culture de manioc.

MOTS-CLEFS: Agroécologie, Allélopathie, haie vive, manioc, *Zonocerus variegatus*, RDC.

1 INTRODUCTION

Les racines et les feuilles de manioc sont utilisées dans l'alimentation humaine. Les racines constituent une importante source d'énergie par l'apport en hydrates de carbone. Les feuilles sont consommées comme légumes et contiennent des sels minéraux (Ca, Fe etc.), des glucides, des lipides, des protéines et des acides aminés essentiels (isoleucine; leucine; lysine; méthionine; cystéine; phénylalanine; tyrosine; thréonine; tryptophane et valine) [1].

Les relations entre l'entomofaune et les plantes hôtes sont conditionnées par la taille, la forme, la présence de cires épicuticulaires et de trichomes, le stade phénologique et la couleur de la plante [2], [3] mais également par des facteurs chimiques tels que la présence de métabolites secondaires [4], [5].

Ces substances chimiques ne participent pas aux processus physiologiques primaires mais jouent un rôle primordial dans les interactions interspécifiques [3].

Cette étude cherche à vérifier la capacité répulsive ou attractive sur le criquet puant de 5 espèces végétales notamment: *Melinis Minutiflora*, *Vernonia amygdalina*, *Euphorbia turicali*, *Lantana camara* intégrées avec le manioc dans un système de culture. Dans tous les cas, si l'une de deux propriétés étaient avérées, elle permettrait de protéger la culture de manioc des attaques du ravageur incriminé. La recherche évalue également l'incidence et la sévérité des attaques des criquets puants consécutives à l'installation des haies vives autour des parcelles de manioc.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL

- **Matériel végétal**

Les boutures de la variété locale Kiyeledi ont été utilisées.

- **Matériel animal**

Les larves de stade 4 à 6 ont été utilisées.

- **Matériel non végétal**

Une corde pour la délimitation des parcelles d'essais; un décamètre pour mesurer les parcelles des essais; un GPS pour prélever les coordonnées géographiques des sites d'essais; des piquets pour délimiter les essais; un stylo et un carnet pour enregistrer les données prélevées; un ordinateur pour la saisie et l'analyse des données ont été utilisés.

2.2 MILIEU ET PERIODE D'EXPERIMENTATION

L'essai a été conduit de décembre 2020 à novembre 2021 dans la province du Kwango, en territoire de Kasongo Lunda, secteur de Mawanga au village Kindamba (06° 21' 39,9"LS; 017° 29 '16,0"LE; 922 m d'altitude) situé à 11 kilomètres de la cité de Mawanga.

Le climat du secteur de Mawanga est de type Aw₃ selon la classification de Koppen. C'est un climat humide dont la température du mois le plus froid est supérieur à 18° C (juin) et dont les précipitations tombent pendant l'hiver de l'hémisphère nord; la saison sèche compte 3 mois, de mi-mai à mi-août et la saison de pluies 9 mois. La saison des pluies connaît deux pics pluviométriques: en novembre et en mars.

2.3 METHODES

2.3.1 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif des blocs complets randomisés avec comme traitement les types d'espèce végétale autour de la parcelle de manioc a été utilisé. Les blocs étaient constitués de 6 traitements dont un témoin sans haie vive et répétés quatre fois.

Le champ expérimental mesurait 63 m de long et 40 m de large formant ainsi une superficie de 2520 m². Chaque parcelle de manioc avait une longueur de 9 m, une largeur de 8,5 m; la distance entre les blocs était de 2 m, celle entre les parcelles de 1,5 m et la haie vive était installée à 1 m autour de manioc.

La figure 1 montre le schéma d'essai utilisé pour l'expérimentation.

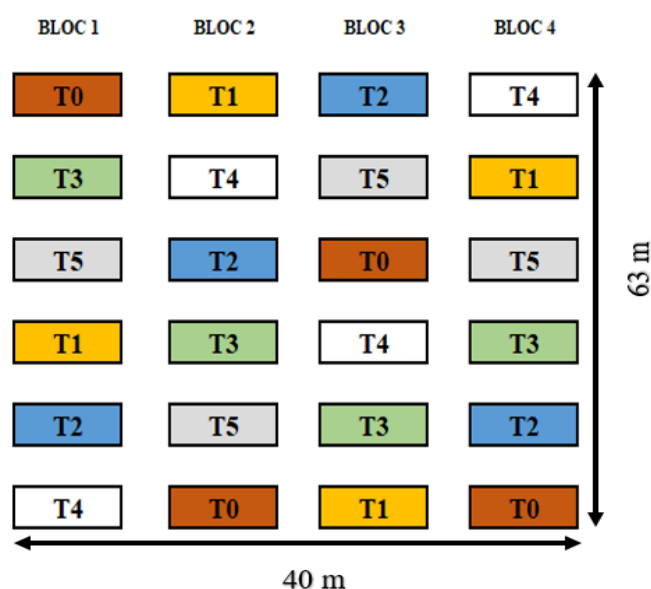


Fig. 1. Le schéma expérimental

Légende: T₀: Aucune haie vive autour de la parcelle de manioc; T₁: parcelle de manioc avec haie vive de *V. amygdalina*; T₂: parcelle de manioc avec haie vive de *C. citratus*; T₃: parcelle de manioc avec haie vive de *L. camara*; T₄: parcelle de manioc avec haie vive de *E. turicali*; T₅: parcelle de manioc avec haie de *M. minutiflora*.

2.3.2 CONDUITE DE L'ESSAI

• Préparation de terrain et plantation

Des buttes d'environ 20 cm de profondeur ont été confectionnées avec la houe pour recevoir les boutures de manioc. La plantation de manioc a été faite manuellement avec des écartements de 0,75 x 1m suivie de celle des haies vives dont les écartements ont varié selon l'espèce. Deux boutures de manioc mesurant 20 cm de long ont été enterrées horizontalement à chaque emplacement. Cette pratique a favorisé la végétation d'une touffe de 4 pieds en moyenne. La plantation de haie vive a été réalisée la même période avec le manioc. L'entretien des essais a consisté en 3 sarclages.

• Infestation

L'infestation artificielle des insectes (de stade 4, 5 et 6) dans le champ été faite 11 mois après la plantation du manioc. Chaque parcelle a reçu 60 insectes placés devant chaque les haies et la parcelle de manioc pour le témoin constituant une population de 360 insectes par bloc et totalisant 1440 insectes dans les 24 parcelles.

2.3.3 VARIABLES OBSERVÉES

Les variables indépendantes étaient constituées par les espèces de différents types de haies vives autour des parcelles de manioc.

Comme variables dépendantes, la sévérité, l'incidence, le nombre d'insectes sur la parcelle de manioc et sur la haie vive ont été évalués une semaine après le lâcher dans le champ et les observations effectuées chaque semaine pendant 1 mois.

- Pour l'incidence, à part les plants de bordure non considérés pour la collecte des données, les plants présentant les dégâts du criquet puant ont été comptés sur un effectif de 12 plants restants par parcelle. L'incidence a été obtenue par le quotient entre le nombre de plants endommagés et le total des plants
- Pour évaluer la sévérité, à part les plants de bordure non considérés, les feuilles endommagées ont été comptées sur 12 plants d'observation. La sévérité a été calculée par le quotient entre le nombre de feuilles endommagées et le nombre total des feuilles.
- L'observation du nombre d'insecte a consisté à compter les insectes présents sur le manioc et sur l'espèce autour des plants de manioc

2.3.4 ECHELLE DE COTATION DE LA SÉVÉRITÉ

Le tableau 1 expose l'échelle qui permet d'évaluer le niveau de sévérité des attaques.

Tableau 1. Echelle de sévérité

Cotation	Description des dégâts
1	Pas de dégâts
2	% faible des feuilles ($> 0 \leq 10$ %) avec lésions faibles
3	% moyen des feuilles ($> 10 \leq 20$ %) avec lésions faibles
4	% grave des feuilles ($> 20 \leq 30$ %) avec lésions faibles
5	% faible des feuilles ($> 30 \leq 40$ %) avec lésions moyennes
6	% moyen des feuilles ($> 40 \leq 50$ %) avec lésions moyennes
7	% grave des feuilles ($> 50 \leq 60$ %) avec lésions moyennes
8	% faible des feuilles ($> 60 \leq 70$ %) avec lésions graves
9	% moyen des feuilles ($> 70 \leq 80$ %) avec lésions graves
10	Plus de 80 % des feuilles avec lésions graves

2.3.5 ANALYSES STATISTIQUES

Les données obtenues ont été saisies à l'aide du tableur Microsoft Excel 2019 pour constituer une base des données. Pour analyser les données relatives à l'incidence, la sévérité, le nombre de criquet puant sur les haies vives et le nombre de criquet puant sur le manioc, un modèle linéaire généralisé ou mieux une régression logistique a été utilisée. Ce choix se justifie par les types de données qui sont soit catégorielles binaires, soit des proportions. L'analyse de variance (ANOVA) a été réalisée avec le logiciel R. La comparaison mutuelle des moyennes a été effectuée avec le test de Tukey et la probabilité que les moyennes des traitements soient significativement différentes a été fixée à $P < 0,001$.

3 RESULTATS

3.1 L'INCIDENCE

Le tableau 2 expose l'incidence observée des attaques des criquets puants sur les parcelles de manioc entourées de haies vives pendant 4 semaines.

Tableau 2. Incidence des attaques du criquet puant sur les parcelles de manioc entourées avec diverses haies vives

Traitement	Incidence			
	Après 1 semaine	Après 2 semaines	Après 3 semaines	Après 4 semaines
<i>Lantana camara</i>	31,8±0,071 ^a	34.1±0,072 ^a	40.9±0,074 ^a	40.9±0,074 ^a
<i>Vernonia amygdalina</i>	39,1±0,072 ^a	41.3±0,073 ^a	43.5±0,073 ^a	52.2±0,074 ^a
<i>Euphorbia turicali</i>	85.40,051 ^b	97.9±0,208 ^b	97.9±0,020 ^b	97.9±0,020 ^b
<i>Melinis minutiflora</i>	87.0±0,050 ^b	97.8±0,021 ^b	97.8±0,021 ^b	97.8±0,021 ^b
<i>Cymbopogon citratus</i>	90.9±0,043 ^b	93.2±0,038 ^b	97.7±0,150 ^b	97.7±0,022 ^b
Témoin	82.6±0,056 ^b	91.3±0,042 ^b	97.8±0,021 ^b	97.8±0,021 ^b
<i>P-value</i>	1,158e ⁻¹²	< 2,2e ⁻¹⁶	< 2,2e ⁻¹⁶	< 2,2e ⁻¹⁶

A la quatrième semaine, la parcelle sans haie vive, celles avec *M. minutiflora*, *C. citratus* et *E. turicali* présente une incidence autour de 98 %. Tandis que dans les parcelles entourées de *L. camara* et *V. amygdalina*, elle s'élève à 40,9 % et 52,2 % respectivement.

Dans l'ensemble, au seuil de 0.1 %, l'influence des haies vives sur l'incidence des attaques est très hautement significative.

Comparés deux à deux, l'incidence des traitements de *L. camara* et de *V. amygdalina* ne présente aucune différence significative. Il en est de même pour la comparaison des autres traitements entre eux. Seule, l'incidence des attaques des criquets puants entre les parcelles de manioc entourées de haies vives avec *L. camara* et *V. amygdalina* comparée avec tous les autres présente une différence très hautement significative.

3.2 LA SEVERITE

Le tableau 3 expose les observations effectuées pendant 4 semaines concernant la sévérité des attaques des criquets puants sur les parcelles de manioc entourées de haies vives.

Tableau 3. Sévérité des attaques du criquet puant sur les parcelles de manioc entourées avec diverses haies vives

Traitement	Sévérité			
	Après 1 semaine	Après 2 semaines	Après 3 semaines	Après 4 semaines
<i>Lantana camara</i>	2±0.071 ^a	2±0.072 ^a	2±0.0749 ^a	2±0.0749 ^a
<i>Vernonia amygdalina</i>	2±0.072 ^a	2±0.073 ^a	2±0.0738 ^a	2±0.0744 ^a
<i>Euphorbia turicali</i>	3±0.00 ^b	3±0.00 ^b	3±0.00 ^b	3±0.00 ^b
<i>Melinis minutiflora</i>	3±0.00 ^b	3±0.00 ^b	3±0.00 ^b	3±0.00 ^b
<i>Cymbopogon citratus</i>	3±0.00 ^b	3±0.00 ^b	3±0.00 ^b	3±0.00 ^b
Témoin	3±0.00 ^b	3±0.00 ^b	3±0.00 ^b	3±0.00 ^b
<i>P-value</i>	< 2,2e ⁻¹⁶	< 2,2e ⁻¹⁶	< 2,2e ⁻¹⁶	< 2,2e ⁻¹⁶

A la quatrième semaine, la parcelle sans haie vive, celles avec *M. minutiflora*, *C. citratus* et *E. turicali* présente une sévérité similaire dont le pourcentage moyen des feuilles rongées est $10 \leq 20$ avec lésions faibles. Tandis que dans les parcelles entourées de *L. camara* et *V. amygdalina*, le pourcentage des feuilles rongées est $0 \leq 10$ avec lésions faibles.

En considérant tous les traitements et au seuil de 0.1 %, l'influence des haies vives sur la sévérité des attaques des criquets puants au niveau des parcelles de manioc est significative.

La comparaison entre les parcelles de manioc entourées de *V. amygdalina* et de *L. camara* ne révèle aucune différence significative mais les deux en présente une vis-à-vis de tous les autres traitements. Aucune différence significative n'est observée entre le témoin et les traitements avec *C. citratus*, *E. turicali* et *M. minutiflora*.

La sévérité demeure constante durant les quatre semaines pour tous les traitements.

3.3 NOMBRE D'INSECTE SUR LE MANIOC (NIM)

Le tableau 4 rapporte les observations effectuées pendant 4 semaines concernant le nombre de criquets puants sur les plants de manioc.

Tableau 4. Nombre de criquets puants sur les plants de manioc

Traitement	Nombre d'insectes sur le manioc			
	Après 1 semaine	Après 2 semaines	Après 3 semaines	Après 4 semaines
<i>Lantana camara</i>	5±0.65 ^a	4±0.65 ^a	3±0.65 ^a	2±0.25 ^a
<i>Vernonia amygdalina</i>	6±0.48 ^a	5±0.63 ^a	4±1.47 ^a	3±0.71 ^a
<i>Euphorbia turicali</i>	42±1.31 ^b	41±1.19 ^b	38±0.71 ^b	31±1.49 ^b
<i>Melinis minutiflora</i>	44±0.19 ^b	41±0.85 ^b	39±0.41 ^b	34±1.85 ^b
<i>Cymbonpogon citratus</i>	46±0.71 ^b	43±0.85 ^b	41±1.11 ^b	32±1.08 ^b
Témoin	50±0.63 ^b	79±5.27 ^c	91±5.38 ^c	88±2.32 ^c
<i>P-value</i>	< 2,2e ⁻¹⁶	<4.525e-16	< 1.292e-14	< 2.2e-16

Pendant 4 semaines, le nombre de criquet puant ayant colonisé les parcelles de manioc entourées de haie vive est passé de 5 à 2; 6 à 3; 42 à 31; 44 à 34 et 46 à 32 et 50 et 88 respectivement pour le *L. camara*, *V. amygdalina*, *E. turicali*, *M. minutiflora*, *C. citratus* et la parcelle de manioc non clôturée.

En considérant tous les traitements et au seuil de 0.1 %, l'influence des haies vives sur le nombre de criquets puants sur les plants de manioc est très hautement significative.

Pendant les quatre semaines d'observation, nous avons enregistré au plus 4 insectes sur les plants de manioc entourés par les haies de *L. camara* et de *V. amygdalina*. Ces deux traitements ne présentent mutuellement aucune différence significative.

E. turicali, *M. minutiflora* et *C. citratus* n'ont présenté aucune différence significative entre eux. Tous les traitements ont été significativement différents du témoin.

3.4 NOMBRE D'INSECTE SUR LES HAIES VIVES (NIH)

Le tableau 5 rapporte les résultats relatifs au nombre d'insectes sur les haies vives pendant 4 semaines.

Tableau 5. Nombre de criquets puants sur les diverses haies vives

Traitement	Nombre d'insectes sur les haies vives			
	Après 1 semaine	Après 2 semaines	Après 3 semaines	Après 4 semaines
<i>Lantana camara</i>	51 ±0.65 ^b	98±13,28 ^a	121±12,98 ^b	123±8,04 ^c
<i>Vernonia amygdalina</i>	48±1,04 ^b	84±7,00 ^a	99±2,29 ^b	92±2,06 ^b
<i>Euphorbia turicali</i>	7±0,65 ^a	12±0.65 ^b	4±0,25 ^a	3±0.41 ^a
<i>Melinis minutiflora</i>	6±0,65 ^a	6±2.17 ^b	5±0.48 ^a	3±0.63 ^a
<i>Cymbonpogon citratus</i>	7±0.41 ^a	10±1.29 ^b	7±1,19 ^a	5±0.25 ^a
<i>P-value</i>	< 5.582e-13	< 3.937e-10	5.059e-14	7.31e-16

Contrairement aux trois premières semaines, la parcelle *L. camara* se démarque de celle de *V. amygdalina* sur laquelle il a été dénombré 92 et attire en moyenne une moyenne de 126 par parcelle à la quatrième semaine. Tandis que *E. turicali*, *M. minutiflora* et *C. citratus* ont été colonisés respectivement par 3, 3 et 5 insectes.

Au seuil de 0,1 %, pris dans l'ensemble, l'influence de haies vives concernant le nombre d'insectes qui les colonise est très hautement significative. Pendant les quatre semaines, les NIH entre les traitements *E. turicali*, *M. minutiflora* et *C. citratus* ne sont pas significativement différents. Ils le sont vis-à-vis de *L. camara* et *V. amygdalina*. Les NIH de ces deux derniers traitements ne sont pas significativement différents pendant les trois premières semaines mais le deviennent à la quatrième semaine.

3.5 CORRELATION ENTRE LES DIFFERENTES VARIABLES MESUREES

Le tableau 6 consigne les valeurs de corrélation entre le nombre d'insecte sur les parcelles de manioc (NIH), le nombre d'insectes sur les haies vives (NIM), l'incidence et la sévérité des attaques.

Tableau 6. Corrélation entre le NIM et Le NIH

Espèce	NIM-NIH	NIM-Incidence	NIM-Sévérité	NIH-Incidence	NIH-Sévérité	Incidence-Sévérité
<i>L. camara</i>	-0,92	-0,94	0,77	0,91	-0,59	-0,49
<i>V. amygdalina</i>	-0,84	-0,95	-0,26	0,63	-0,10	0,35
<i>E. turicali</i>	0,71	-0,54	0	-0,08	0,41	-0,33
<i>M. minutiflora</i>	0,95	-0,71	-0,24	-0,47	-0,47	-0,33
<i>C. citratus</i>	0,66	-0,79	-0,06	-0,55	0,08	-0,56
Témoin	-----	0,98	-0,50	-----	-----	-0,51

- NIM et NIH**

Toutes les différentes espèces de haies vives ont favorisé des liaisons fortes et positives. Mais celles de *L. camara* et *V. amygdalina* sont négatives c'est-à-dire que le NIM et le NIH varient de manière inversement proportionnelle.

- NIM-Incidence**

Toutes les espèces de haies présentent liaisons fortes et négatives pour les paramètres NIM et Incidence.

La parcelle sans haie vive révèle une liaison forte et positive entre NIM et incidence. Cela veut dire que dans les parcelles sans haie vive, l'augmentation du NIM favoriserait l'augmentation de l'incidence des dégâts des criquets puants sur le manioc.

- NIH-Incidence**

Les coefficients de corrélation présentés par *L. camara*, *V. amygdalina* et *C. citratus* révèlent une liaison forte et positive entre le NIH et l'incidence des dégâts des criquets puants. Tandis que ceux de *E. turicali* et de *M. minutiflora* présentent des liaisons très faibles et négatives.

- NIM-Sévérité**

Le Lantana présente une liaison forte et positive entre NIM et sévérité. Celle concernant la parcelle non entourée de haie vive donne également une liaison forte mais négative entre NIM et sévérité.

Les parcelles entourées de *M. minutiflora*, *V. amygdalina* et de *C. citratus* traduisent une liaison faible et négative entre NIM et sévérité. Tandis que pour *E. turicali*, la liaison est nulle.

- NIH-Sévérité**

Mis à part *L. camara* qui révèle une liaison forte et positive, les autres haies vives présentent une liaison très faible.

- Incidence-Sévérité**

Seules la parcelle témoin et celle avec haie vive de *C. citratus* manifeste une liaison forte entre incidence et sévérité. Tous les autres traitements montrent une faible liaison entre incidence et sévérité.

4 DISCUSSION

• Nombre d'insectes sur les haies vives

Les haies de *L. camara* et de *V. amygdalina* ont été les plus colonisées par le criquet puant que les autres traitements.

Les résultats obtenus par [6] montrent que comparé au manioc, *V. amygdalina* est une plante mieux appréciée par le criquet puant. En effet, dans son expérience où il a mis en présence *V. amygdalina*, le criquet puant s'est nourri après deux minutes et n'a effectué qu'un seul repas très long de 18 minutes. Tandis que sur le manioc, il a attendu 34 minutes pour entamer deux repas de 9 et 7 minutes. Les examens microscopiques réalisées par le même auteur et son équipe avec 630 échantillons de fèces ont également révélé que 6% étaient composés de manioc et 94% de *V. amygdalina*.

Quelquefois, les ravageurs colonisent préférentiellement une culture particulière dans l'association. Celle-ci alors sert d'hôte de diversion protégeant les cultures plus sensibles aux attaques ou de valeur économique plus grande [7]. Cette diversion se manifeste plus spécialement lorsqu'une des cultures est plus phagostimulante pour les insectes que les autres impliquées dans l'association, au moment de l'invasion par le ravageur [8].

La haie de *M. minutiflora* a manifesté un effet phagorépulsif qui s'est traduit par une faible colonisation des criquets puants. Ce comportement se confirme par les résultats obtenus en laboratoire par [9] sur les foreurs des tiges (*Eldana saccharina* (Walker)). La plante émet un signal chimique puissant, le 4,8-diméthyl-1,3,7-nonatriène, qui repousse du maïs et attire leurs parasitoïdes.

[10] a également constaté que le signal chimique de cette herbe était attractant pour un parasitoïde nymphal, *Xanthopimpla stemmator* (Thunberg) (Hymenoptera: Ichneumonidae).

Dans des essais de terrain réalisés par [11], *M. minutiflora* a été cultivée en intercalaire de diverses manières avec la canne à sucre pour évaluer le nombre et les niveaux d'infestation d'*E. saccharina*. Les résultats ont montré que les populations d'*E. saccharina* ont été réduites jusqu'à 50 % et que les dommages causés par *E. saccharina* ont diminué jusqu'à 57 % par rapport aux champs témoins.

La haie de *C. citratus* a manifesté un effet phagorépulsif qui s'est traduit par sa très faible colonisation par les des criquets puants.

Les résultats obtenus par [12] soutiennent ceux obtenus dans cette étude. En effet, il trouve que 0,29% de dégâts ont été enregistrés dans les sacs traités à 3% de solution alcoolique de *C. citratus* contre 3, 23% dans les témoins après 30 jours de stockage des grains de maïs exposés aux attaques du charançon de maïs.

Utilisant la poudre d'argile blanche aromatisée avec les huiles essentielles extraites des feuilles de *C. citratus*, [13] a trouvé un nombre moyen significatif d'adultes de *Sitophilus zeamays* de 7,26 alors que le témoin en a hébergé 154,73 et confirme le caractère répulsif de cette espèce végétale.

D'après [14], [15], la faible population d'insectes trouvée sur *C. citratus* est occasionnée par la présence de géraniol et des tanins qui sont de métabolites secondaires à effet répulsif.

Quant à [16], en plus du géraniol, il attribue cette propriété à la présence de substances volatiles monoterpènes comme le citronellal, l'eugénol, limonènes contenus dans les feuilles.

Concernant *E. tirucalli*, la situation peut être expliquée par la présence des triterpénoïdes dans la plante [17]. Le latex d'*E. tirucalli* a été signalé comme ayant des caractéristiques pesticides contre des ravageurs tels que les pucerons (*Brevicoryne brassicae*) [18], les moustiques (*Aedes aegypti* et *Culex quinquefasciatus*) [19].

• Pour le nombre d'insectes sur le manioc

Comme observé dans le tableau du point 4.4.1.7 relatif à la corrélation entre les différents paramètres étudiés, il y a une corrélation une forte corrélation entre le nombre d'insectes sur les haies vives et le nombre d'insectes sur les parcelles de manioc. L'effet phagorépulsif ou phagostimulant sur les haies vives augmente ou diminue le nombre d'insectes sur les parcelles de manioc.

[20] a démontré que les associations d'aubergine/piment, maïs/piment comparée à une monoculture de piment ont montré des populations d'*Aphis gossypii* sur les plants significativement ($P < 0,05$) plus importantes dans les parcelles de piment cultivée en monoculture qu'en culture associée.

- **Pour l'incidence**

En considérant le nombre de pieds portant les symptômes des attaques de criquets puants, nous observons que par leur bonne appétibilité, *L. camara* et *V. amygdalina* ont mieux contribué à la réduction de l'incidence.

Les autres traitements ont très peu attiré les criquets puants. Cette situation a favorisé une plus grande colonisation des parcelles de manioc par le ravageur sous étude.

[21] rapporte également qu'au Nigeria, les agriculteurs qui pratiquent la culture intercalaire du manioc avec le maïs et le sorgho ont observé des populations de *Zonocerus variegatus* plus faibles que dans les monocultures.

Les mêmes auteurs signalent qu'en Colombie, le manioc cultivé en intercalaire avec du maïs montre une réduction des populations de divers ravageurs tels que la mouche à cornes, la mouche des pousses et les chenilles. Il en est de même pour les espèces d'aleurodes du manioc (*Aleurotrachelus socialis* et *trialeurode variabilis*) qui ont présenté des densités par feuille plus faibles dans les cultures intercalaires de manioc et de pois que dans les monocultures.

En plantant l'œillet d'Inde (*Tagetes erecta*) comme culture piège tous les 10, 12, 14 ou 16 rangs, [22] ont réussi à contrôler l'infestation respectivement à 6; 7,1; 10,3 et 10,4 %.

- **Pour la sévérité**

Grace à leurs statuts de culture piège leur conférés par la présence de différents métabolites secondaires avec des propriétés appétentes sur les criquets puants tel qu'expliqué au point 4.5.1.

Les haies vives de *L. camara* et de *V. amygdalina* ont favorisé un dialogue chimique qui a permis de réduire la sévérité d'attaques des criquets puants sur les parcelles de manioc entourées par ces deux espèces végétales. A cause des substances répulsives déjà évoquées, les parcelles de manioc entourées de *M. minutiflora*, *E. turicali* et *C. citratus* ont manifesté une répulsion ou une préférence alimentaire réduite et occasionné ainsi une incidence supérieure à celle de deux autres plantes.

5 CONCLUSION

Cette étude a vérifié la capacité répulsive ou attractive de *M. Minutiflora*, *V. amygdalina*, *E. turicali* et *L. camara* intégrés avec le manioc dans un système de culture, sur le criquet puant, et mesuré le nombre d'insectes sur les parcelles de manioc, l'incidence et la sévérité occasionnées par ces cinq traitements.

Les haies vives avec *V. amygdalina* et *L. camara* ont donné des réponses très intéressantes comme culture piège. Cette observation s'est traduite par l'observation des valeurs faibles pour le nombre d'insectes sur les parcelles de manioc, l'incidence et la sévérité des attaques. Ces résultats peuvent justifier l'utilisation de ces espèces dans la construction des systèmes de gestion intégrée des déprédateurs et de la production du Manioc.

Quant aux espèces *E. turicali*, *M. minutiflora* et *C. citratus*, ils ont manifesté un effet phagorépulsif apparent qui s'est répercuté sur un nombre plus important des criquets puants dans les parcelles de manioc entourées par des haies vives constituées par les espèces précitées. Néanmoins, il est difficile d'attribuer la non consommation de ces trois espèces par le criquet puant aux seuls métabolites secondaires repoussant les insectes ayant identifié la présence des substances toxiques. En effet, *Z. variegatus* consomme des espèces réputées très toxiques pour les autres arthropodes. Ce comportement peut également être due à une préférence alimentaire vis-à-vis du manioc.

REMERCIEMENTS

Nous remercions la Délégation de l'Union Européenne par l'entremise de ISCO pour l'appui financier et logistique qui a permis la réalisation de cette étude.

REFERENCES

- [1] Sylvestre P. et Arraudeau M., *Le manioc*, Maisonneuve et Larose et A. CC. T., Paris, 237p, 1983.
- [2] Mangold J. R., «Attraction of *Euphasiopteryx ochracea*, *Corethrella* sp and gryllids to broadcast songs of the southern male cricket», *Florida Entomol.* 61, 57-61, 1978.
- [3] Berenbaum M.R., «The chemistry of defense: theory and practice», *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 92, 2-8, 1995.
- [4] Vet L. E. M., Dicke M., «Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context», *Annu. Rev. Entomol.* 37, 141-172, 1992.
- [5] Harborne J. B., *Introduction to chemical ecology*, 4ème édition, Academic press, London, 317p, 1993.
- [6] Le Gall et al., «Comportement nutritionnel de *Zonocerus variegatus* (L) vis-à-vis de trois plantes alimentaires», *Insect Sci. Applic.* Vol. 18, No. 3, pp. 183-188, 1998.
- [7] Perrin R. M., «Pest management in multiple cropping systems», *Agroecosystems*, 3: 93- 118, 1977.
- [8] Huis A. V., «Integrated management of insect pests in tropical crops», *Entomology*, vol. 1, Wageningen Agricultural University, 1989.
- [9] Khan Z. R., Ampong-Nyarko K., Chiliswa P., Hassanali A., Kimani S., Lwande W., Overholt W. A., Pickett P. A., Smart L. E., Wadhams L. J. et Woodstock C. M., «Intercropping increases parasitism of pests», *Nature*, 388: 631-639, 1997.
- [10] Kasl B., Stimulo-deterrent diversion to decrease *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) infestation in sugarcane. PhD Thesis, University of the Witwatersrand, South Africa, 2004.
- [11] Barker, A. L., Conlong, D., E and Byrne, M., J., «Habitat management using *melinis minutiflora* (poaceae) to decrease the infestation of sugarcane by *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: pyralidae)», *Proc S Afr Sug Technol Ass*, 80, 230-235, 2006.
- [12] Hounkpe L., et Ogbon E., Analyse de l'efficacité des sacs de jute imprégnés à l'huile essentielle de *Cymbopogon citratus* dans la lutte contre le ravageur de stock du maïs: *Sitophilus zeamais*. Mémoire de fin d'études, Université d'Abomey-Calavi, 69p, 2012.
- [13] Camara A., Lutte contre *Sitophilus oryzae* L. (coleoptera: curculionidae) et *Tribolium castaneum* herbst (coleoptera: tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en basse-guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales, Thèse université de Montréal, 154p, 2009.
- [14] Deletre E., *De la répulsion chez les insectes cas d'étude du moustique *Anopheles gambiae* et de la mouche blanche *Bemisia tabaci**. Montpellier: Montpellier SupAgro, Thèse de doctorat: Ecosystèmes et sciences agronomiques: Montpellier SupAgro, 312p, 2014.
- [15] Shasany K., et Kole C., *The Ocimum genus*, 168p, 2018.
- [16] Nicolas S., Paul-André C., Denis T., Frédéric M. P., *Interactions insectes-plantes*. Ed. Quae RD 10, 78026 Versailles Cedex, 785p, 2013.
- [17] Mwene T. J., & Van Damme P., «Evaluation of pesticidal properties of *Euphorbia tirucalli* L. (Euphorbiaceae) against selected pests», *Afrika Focus*, 24 (1), 119-121, 2011.
- [18] Rahuman A. A., Gopalakrishnan G., Venkatesan P., Geetha K., «Larvicidal activity of some Euphorbiaceae plant extracts against *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae)», *Parasitology Research*, 102: 867-873, 2008.
- [19] Hussein M. Y. & Abdul S. N., «Intercropping chilli with maize or brinjal to suppress populations of *Aphis gossypii* Glov., and transmission of chilli viruses», *International Journal of Pest Management*, 39: 2, 216-222, 1993.
- [20] Altieri, M., & Nicholls, C., Biodiversity and pest management in Agroecosystems (deuxième édition), CRC press, New York, USA, 225p, 2007.
- [21] Srinivasan K., Krishna P. N., & Raviprasad T. N., «African marigold as a trap crop for the management of the fruit borer *Helicoverpa armigera* on tomato», *International Journal of Pest Management*, 40: 1, 56-63, 1994.

Contribution to the Study of Materials Commonly Used in Goma, DR Congo for Concrete Production

Cirhuza Badesire Paterne¹, Chérif Bishweka¹, Olembe Musangi Grace¹, Bashige Germaine¹, Prince Badesire², and François Ngapgue³

¹Department of Civil Engineering, Université Libre des Pays des Grands Lacs (BP 368), Goma, North Kivu, RD Congo

²Department of Civil Engineering, Université de Kinshasa (B.P. 127), Kinshasa, RD Congo

³Department of Civil engineering, Dschang University (BP134), Bandjoun, Cameroon

Copyright © 2023 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: A study was conducted to investigate the suitability of commonly used materials in Goma, DR Congo for concrete production. The objectives of the study were to characterize the raw materials and determine their optimal use for desired resistances. Idjwi sand used, with a fineness modulus of 2.53 and a sand equivalent of 83, was found to be suitable for concrete production. Volcanic origin gravel was well graded but required consideration for its water absorption coefficient of 13.5%. Nyiragongo and Hima cements met standard requirements. Compression tests were carried out on laboratory specimens made using the Dreux Gorisse method, and material quantification results were used to create a table for 1 m³ of concrete based on desired resistances.

KEYWORDS: Compressive strength, Concrete, dosage, Workability.

1 INTRODUCTION

Concrete is a composite material made up of aggregates, water, a binder, and optional additives [1]. It is a true artificial rock, one of the most widely used materials in all fields of construction [2]. Concrete is characterized primarily by its mechanical strength, durability, impermeability, and workability (ease of use) [3]. The compressive strength, the main characteristic sought in hardened concrete, depends on the degree of compactness of the mix, the curing conditions, and the quality and proportions of its constituents [2], [3].

Making concrete in a particular environment involves mixing the mentioned constituents available in that environment. In the city of Goma, since previous and recent volcanic eruptions have deposited huge amounts of lava whose magmatic rocks are crushed into gravel, this gravel is widely used in making concrete in this city.

The production of concrete requires appropriate quantities of constituent materials to easily achieve the desired strength as an infinite number of concretes can be obtained by varying the proportions of the constituents [4]. The quality of concrete depends not only on the quality of its constituents, but also on their proportions [4]. The engineer must therefore know the characteristics of the materials he uses as well as the proportions of the different elements involved in making a given concrete according to the strength required [5]. This requires time and financial resources to conduct various laboratory studies.

Our observations have shown that in Goma, most users do not formulate concrete before making it and instead rely on routine. Even when some users do so, they generally do not take into account the water absorption coefficient of Goma aggregates involved in the constitution of the concrete. This results in concretes with compressive strengths that are either higher or lower than the required strength for a given application [6], [7], [8], [9], [10].

Given all of the above, a question arises: Is it possible to characterize the materials used daily in making usual concretes and develop a chart that facilitates the use of these materials according to the desired strengths of these concretes?

The main objective of this article is to develop a chart for the constituents of concrete for the builders in Goma according to the different usual compressive strengths. This would contribute to the improvement of the quality of the concrete produced and therefore to the reduction of technical accidents in this city.

2 MATERIALS AND METHODS

The constituents used in concrete are of various types and origins. In the following paragraph, we present the nature and origin of the cement, water, sand and gravels used, respectively.

HIMA and NYIRAGONGO cements were used in the making of different types of concrete. The selected cements in this study are of the pozzolanic type CEM IV/B 32.5, grey in color and produced respectively in Uganda and DRC.

According to the standard NF P18-303, potable water is suitable for making concrete [11]. The potable water supplied by the Congolese water distribution company (REGIDESO) was used as mixing water in making the concrete.

The sand used is a rolled sand dredged from Lake Kivu, class 0/5. The gravel used is of the crushed type extracted from basaltic rock, respectively classed as 5/15 and 15/25.

The composition of the concrete was analyzed using the Dreux-Gorisse method [12], [13]. The constituents of the concrete were determined for various strengths ranging from 8Mpa to 22Mpa.

The sieve analysis of aggregates was carried out according to the standard NF P 18-560 [14]. The unit weight of the sand was determined according to the standards NF P 18-555 [15] and the standards NF P 18-554 [16] for the gravels. The sand equivalence was determined according to the standards NF P 18-598 [17]. The water absorption rate was determined according to the standards NF P 18-554 and NF P 18-555 [15], [16]. The absolute unit weight of the cement was determined by applying the graduated test tube method according to the standard NF P 18-558 [18]. The workability was evaluated using the Abrams cone, in accordance with the standard NF P 18-451 [19]. The compression test on a cylindrical sample was performed in accordance with the standard NF EN 12390-7 [20].

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

This section presents the results obtained for the various tests carried out in the laboratory and their interpretation.

3.1 COMPONENT PROPERTIES

3.1.1 SAND

The granulometric analysis was carried out on the Idjwi sand with a sample of 2000g. The granulometric composition is presented in Fig. 1.

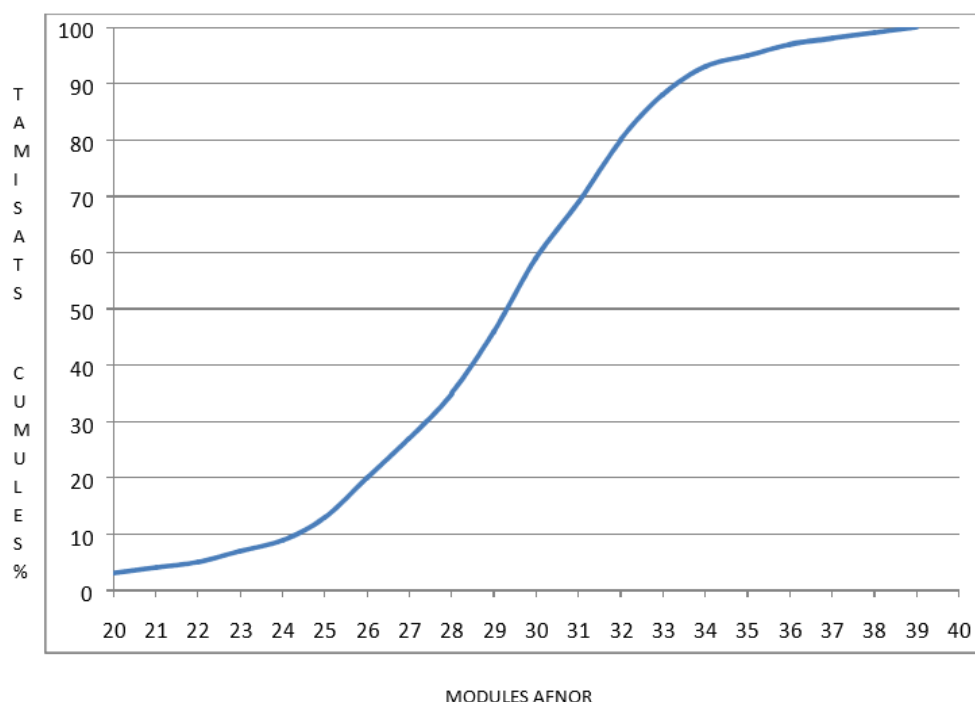


Fig. 1. Particle size distribution curve of sand

The coefficients of uniformity (C_u) and curvature (C_z) are 4 and 1 respectively. It is observed that C_u is greater than 2, indicating a spread granulometry, while the curvature coefficient has a value of 1, indicating a well-graded granulometry.

The value of the fineness module, which is 2.53, confirms that the granulometry of this material is better suited for making concrete because the M_f is in the range [2.2; 2.8].

The sand equivalent has been determined to have a value of 83%. This indicates that this sand is clean and suitable for concrete formulation.

The results of the determination test of the absolute and apparent density, as well as the moisture content of the sand, are presented in Table 1.

Table 1. Densities of Idjwi rolled sand

	Absolute dry density (g/cm ³)	Apparent density (g/cm ³)
Sand	2,3078	1,03

3.1.2 GRAVEL

3.1.2.1 THE PARTICLE SIZE DISTRIBUTION OF 5-15 VOLCANIC ORIGIN GRAVEL

The particle size distribution of 5-15 volcanic origin gravel is presented in figure 2.

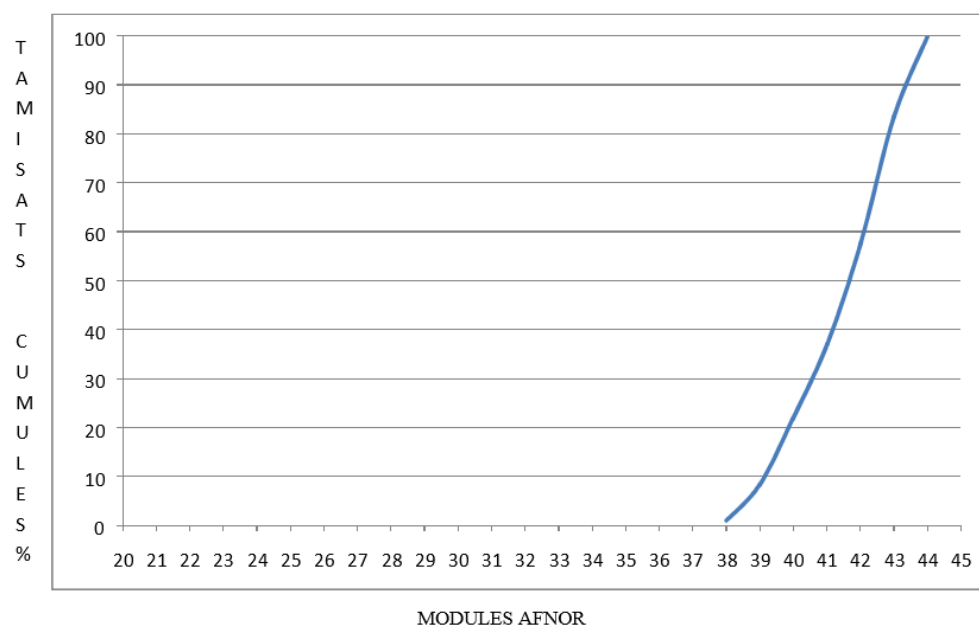


Fig. 2. Particle size distribution curve of 5-15 gravels

The uniformity coefficient C_u and curvature coefficient C_z are 1.98 and 1.27, respectively. The gradation is poorly spread, but with a C_z value of 1.27, the particle size distribution is well-graded.

3.1.2.2 THE PARTICLE SIZE DISTRIBUTION OF 15-25 VOLCANIC ORIGIN GRAVEL

The uniformity coefficient C_u and curvature coefficient C_z are 1.25 each. The gradation is also poorly spread, but with a C_z value of 1.25, the particle size distribution is well-graded. Figure 3 displays the particle size distribution of Idjwi rolled sand.

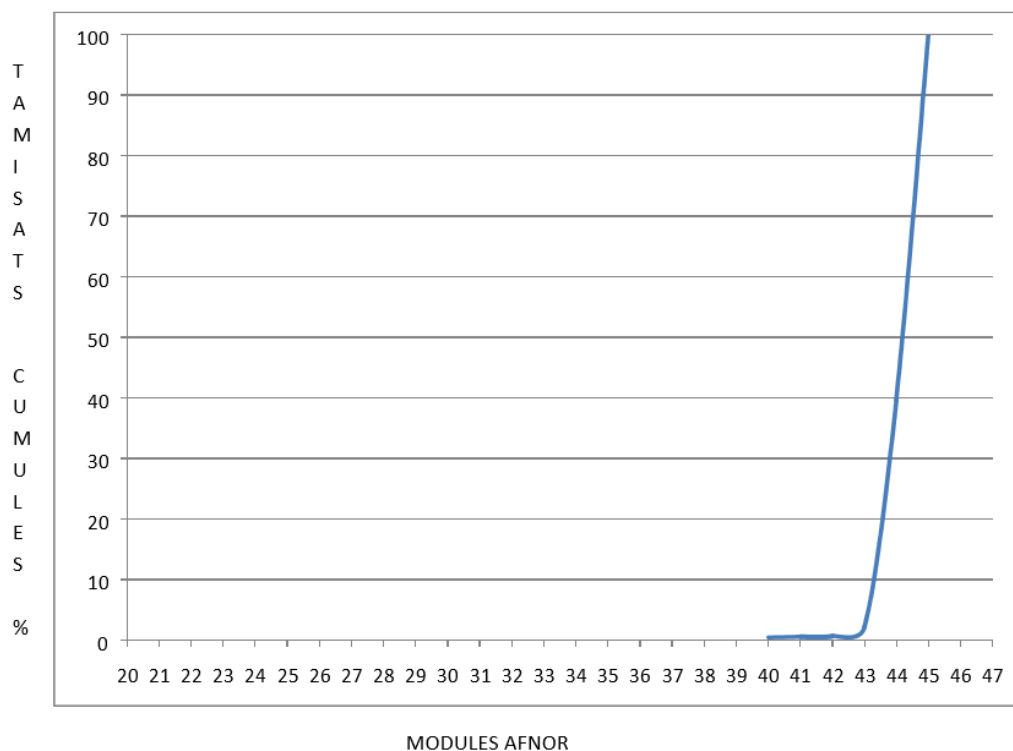


Fig. 3. Particle size distribution curve of 15-25 gravels

The densities found are given in Table 2.

Table 2. Volcanic gravel density results

	Absolute dry density (g/cm ³)	Apparent density (g/cm ³)
Gravel	2,3684	1,44

The water absorption coefficient observed for Goma volcanic aggregates is around 13.5% [22].

3.1.3 CEMENT

3.1.3.1 SETTING TIME TEST

The results of setting time test of studied cements are presented in table 3.

Table 3. Setting time of studied cements

Cement name	Initial setting	Final setting
Nyiragongo	13h40'	15h10'
Hima	14h 28'	16h15'

3.1.3.2 NORMAL CONSISTENCY TEST

Normal consistency test results for the cements studied are presented in Table 4.

Table 4. Consistency of studied cements

Denomination	Amount of water in %
1. Nyiragongo	27.3
2. Hima	35

3.1.3.3 DENSITIES

The absolute densities of the cements studied are presented in Table 5.

Table 5. Absolute density of cements

Denomination	Absolute density (g/m ³)
1. Nyiragongo	2.997
2. Hima	2.916

Table 5 shows that Nyiragongo cement has the highest density. All these cements have densities close to the reference density of 3.1 g/m³ [18].

3.2 RESULTS OF FORMULATION USING THE DREUX-GORISSE METHOD

The basic data for concrete formulation are given in Table 6, i.e. desired compressive strength of concrete, desired consistency, type of vibration, true class of cement, aggregate condition and maximum aggregate size (D).

Table 6. Basic data for concrete mix design

	Data
Desired resistance	8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 MPa
Expected slump	7cm
Type of vibration	Weak
True class of cement	32,5MPa
Granular coefficient	0,5
D	25 mm

The theoretical proportional quantities of various constituents for concrete, determined by the Dreux Gorisse method, are presented in Table 7. The abbreviations C, E, S, G₁, G₂ represent the following proportions: C for cement; E for water; S for sand; G₁ for gravel size 5-15; and G₂ for gravel size 15-25.

Table 7. Proportions of various constituents for formulated concrete

28-day strength	Dosage Kg/m ³	Type of cement	
		Nyiragongo	Hima
8MPa	C	208	208
	E	218	218
	S	627	625
	G	G ₁ =678, G ₂ =417	G ₁ =676, G ₂ =416
10 MPa	C	235	235
	E	218	218
	S	641	639
	G	G ₁ =710, G ₂ =364	G ₁ =707, G ₂ =362
12 MPa	C	289	265
	E	217	220
	S	618	635
	G	G ₁ =694, G ₂ =386	G ₁ =677, G ₂ =386
14 MPa	C	318	289
	E	218	217
	S	647	615
	G	G ₁ =630, G ₂ =407	G ₁ =691, G ₂ =384
16 MPa	C	343	318
	E	217	218
	S	578	644
	G	G ₁ =695, G ₂ =407	G ₁ =627, G ₂ =407
18 MPa	C	371	343
	E	217	217
	S	567	576
	G	G ₁ =675, G ₂ =430	G ₁ =692, G ₂ =405
20 MPa	C	400	371
	E	219	217
	S	556	564
	G	G ₁ =638, G ₂ =470	G ₁ =672, G ₂ =428
22 MPa	C	289	400
	E	217	219
	S	556	553
	G	G ₁ =638, G ₂ =470	G ₁ =634, G ₂ =467

3.3 CONCRETE PROPERTIES

This section presents the characteristics of concrete in its fresh state, including workability, as well as its characteristics in its hardened state, including compressive strength.

3.3.1 WORKABILITY

The verification focused on the dosages found for 16MPa, 20MPa, 22MPa with Hima Cement, and 22MPa, 20MPa, 18MPa, 16MPa, 14MPa, and 12MPa with Nyiragongo Cement. The results of workability tests are presented in Table 8.

Table 8. Results of workability tests on manufactured specimens

	Nyiragongo	Hima
16MPa	6.5	6.1
20MPa	7.3	6.7
22MPa	7.4	6.9
18 MPa	7	-
14 MPa	8	-
12 MPa	7.1	-

It is noted that all the concrete produced is plastic, as it falls within the 5 to 9 cm range of the Abrams cone slump value.

3.3.2 THE COMPRESSIVE STRENGTH

The results of the compression strength tests are presented in tables 9 and 10.

Table 9. Results on Hima cement specimens

Desired strength	1st specimen	2nd specimen	3rd specimen	Average
16 Mpa	15.7	16.67	14.97	15.78
20 Mpa	19.5	18.98	20.69	19.72
22 Mpa	21.5	21.88	22.89	22.09

Table 10. Results on Nyiragongo cement specimens

Desired strength	1st specimen	2nd specimen	3rd specimen	Average
12 Mpa	8.1	8.93	7.99	8.34
14 Mpa	10.955	9.8	10.1	10.285
16 Mpa	12.28	11	13.3	12.19
18 Mpa	14.422	13.95	14.02	14.13
20 Mpa	15.5	16	16.52	16
22 Mpa	18.67	17.5	18.8	18.3

Based on the results obtained from the tested specimens presented in the previous tables, it was observed that the specimens made with Hima cement offer compressive strengths that match those desired in Dreux Gorisse's theoretical formulation. This validates all the theoretical dosages of materials found in said formulation for Hima cement (Table 7).

Furthermore, the tested Nyiragongo cement specimens offer lower compressive strengths compared to the desired values in the theoretical formulation. It was observed that these strength values found are approximately four less than the desired value (found value = desired value - 4) as shown in Table 10.

Finally, these results allow for the development of the proposed chart for the rational use of commonly used materials in Goma for making concrete. The validated final dosages are presented in Table 11.

Table 11. Chart for the use of commonly used materials in Goma, based on desired compressive strength at 28 days

28-day strength	Dosage Kg/m ³	Type of cement	
		Nyiragongo	Hima
8MPa	C	265	208
	E	220	218
	S	637	625
	G	1087	1092
10 MPa	C	289	235
	E	217	218
	S	618	639
	G	1080	1069
12 MPa	C	318	265
	E	218	220
	S	647	635
	G	1037	1063
14 MPa	C	343	289
	E	217	217
	S	578	615
	G	1102	1075
16 MPa	C	371	318
	E	217	218
	S	567	644
	G	1105	1034
18 MPa	C	400	343
	E	219	217
	S	556	576
	G	1108	1097
20 MPa	C	-	371
	E	-	217
	S	-	564
	G	-	1100
22 MPa	C	-	400
	E	-	219
	S	-	553
	G	-	1101

The proportions indicated in Table 11 correspond to one cubic meter of concrete based on the common gravels of volcanic origin in Goma, rolled sand from Idjwi that is commonly used in Goma, drinking water supplied by REGIDESO/Goma, and Nyiragongo and Hima cement.

These provided dosages are established for dry materials. It is imperative to consider the water content of the aggregates that will be used before mixing [22]. A measure of the water content must therefore be taken [23].

It should also be emphasized that the mixing conditions for concrete on the site must be rigorously followed, especially with regards to the quantity of water indicated in Table 11 [24]. If a concrete mixer is unavailable, the concrete mixing should be done on an impermeable surface (a surface covered in a tarp or a hardened slab, etc.) and not mixed on the ground as is the case on most Goma construction sites. This is to prevent a certain quantity of water from being lost through infiltration in the soil or through any other permeable surface.

4 CONCLUSION

In summary, this article highlights the importance of rational use of materials for concrete production in Goma, which can lead to both technical and economic benefits.

To achieve the desired strength for intended applications, it is recommended for constructors to use various available materials and consult the usage chart provided in this article [21].

Further research can be conducted to expand this study to include other types of materials used in the city, such as different types of cement.

REFERENCES

- [1] ACI Committee 318, «*Building Code Requirements for Structural Concrete*,» American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, USA, 2019.
- [2] Neville, A.M., «*Properties of Concrete*,» Pearson Education, Indian Branch, 4ème édition, 2013.
- [3] Mindess, S., Young, J.F., and Darwin, D., «*Concrete*,» Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA, 2003.
- [4] De Larrard, F., and Sedran, T., «*Concrete Mixture Proportioning: A Scientific Approach*,» CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 2004.
- [5] Popovics, S., «*A Review of Concrete Compressive Strength Prediction Models*,» Cement and Concrete Research, vol. 30, no. 4, pp. 487-496, 2000.
- [6] Wang, K., and Liu, J., «*Water Absorption Characteristics of Recycled Aggregates from Different Sources and their Influence on Properties of Recycled-Aggregate Concrete*,» Journal of Materials in Civil Engineering, vol. 29, no. 5, 2017.
- [7] ASTM C192/C192M-19, «*Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory*,» American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, USA, 2019.
- [8] ACI Committee 214, «*Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete*,» American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, USA, 2017.
- [9] Zhang, Y., and Li, Z., «*Effects of Aggregate Characteristics on the Concrete Performance*,» Advances in Materials Science and Engineering, vol. 2016, 2016.
- [10] ACI Committee 232, «*Use of Fly Ash in Concrete*,» American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, USA, 2018.
- [11] NF P18-303, «*Eaux pour béton*,» AFNOR, France, 2016.
- [12] Ossilati, E., Ntibabaza, E., & Rumonyangishaki, D., «*Evaluation of the mechanical strength of concrete by application of Deux-Gorisse method*,» Advances in Civil Engineering, Hindawi Publishing Corporation, USA, 2019.
- [13] H Jean FESTA, Georges DREUX, «*Nouveaux guide du béton et de ses constituants*,» EYROLLES, Paris, Huitième Edition, 2007.
- [14] NF P18-560, «*Granulats - Analyse granulométrique*,» AFNOR, France, 2017.
- [15] NF P18-555, «*Granulats - Masse volumique apparente et masse volumique de l'eau contenue pour granulats fins*,» AFNOR, France, 2007.
- [16] NF P18-554, «*Granulats - Détermination de la masse volumique apparente et de l'absorption d'eau des granulats denses et résistants saturés d'eau*,» AFNOR, France, 2008.
- [17] NF P18-598, «*Granulats - Détermination de l'équivalent de sable*,» AFNOR, France, 2008.
- [18] NF P18-558, «*Ciments - Détermination de la masse volumique absolue*,» AFNOR, France, 2007.
- [19] NF P18-451, «*Béton - Détermination de l'ouvrabilité - Essai au cône d'Abrams*,» AFNOR, France, 1995.
- [20] NF EN 12390-7, «*Essais de compression des éprouvettes en béton durci - Partie 7: Essai à la compression axiale des éprouvettes cylindriques*,» AFNOR, France, 2019.
- [21] Kassongo, L., «*Utilisation des granulats locaux dans la fabrication du béton*,» Mémoire d'Ingénieur en Génie Civil, Université de Kinshasa, RDC, 2020.
- [22] François NGAPGUE, C. BISHWEKA and OLEMBE MUSANGI Grace, Etude du coefficient d'absorption des granulats d'origine volcanique de Goma et son influence dans la formulation des bétons, IJIAS, Vol. 15, N° 1 mar. 2016, pp. 141 – 152.
- [23] Eren Özgüven, A.; Yücel, H.E.; Tanyildizi, H.; et al. *Effects of water-to-cement ratio on compressive strength of concretes containing limestone powder*. Construction and Building Materials, vol. 25, no. 2, pp. 958-963, 2011.
- [24] ACI committee 304. Guide for Measuring, Mixing, Transporting, and Placing Concrete. ACI 304R-00, USA, 2000.

Etude de la stabilisation du sol de Buganga en RDC par ciment et chaux en vue de l'utilisation dans la construction routière

[Study on the stabilization of Buganga soil in DRC using cement and lime for road construction purposes]

Cirhuza Badesire Paterne¹, Ally Alinabiwe¹, Mlebing Bushiri Nelly¹, Bashige Germaine¹, Koko Katumbi¹, Prince Badesire², and François Ngapgue³

¹Department of Civil Engineering, Université Libre des Pays des Grands Lacs (BP 368), Goma, North Kivu, RD Congo

²Department of Civil Engineering, Université de Kinshasa (B.P. 127), Kinshasa, RD Congo

³Department of Civil engineering, Dschang University (BP134), Bandjoun, Cameroon

Copyright © 2023 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 studies the effect of stabilization through incorporation of cement and lime on the bearing capacity of soil from BUGANGA in the Democratic Republic of Congo, with the aim of using it in road construction. Physical, identification, compaction, and bearing tests were carried out in the laboratory on the natural soil as well as after stabilization. The results show that the soil is a fine, sandy clay with low plasticity consisting of 47.25% fines and has low bearing capacity. The addition of cement and lime increases the soil bearing capacity, with cement being more effective than lime. With 10% cement, the CBR rate increases from 5.37% to 46.32%, while with 10% lime, it increases from 5.37% to 28.916%. Soil stabilized with 10% cement or lime is suitable for use as a foundation layer for paved roads, while that stabilized with 5% cement or lime is suitable for platform layers for roads.

KEYWORDS: Cement, Lime, Soil, Stabilization, Bearing Capacity.

RESUME: Cet article étudie l'effet de la stabilisation par incorporation de ciment et de chaux sur la portance du sol de BUGANGA en RDC, en vue d'une utilisation dans la construction routière. Des essais physiques, d'identification, de compactage et de portance ont été réalisés au laboratoire sur le sol naturel et après stabilisation. Les résultats montrent que le sol est fin, argile sableuse peu plastique constitué de 47,25% de fines et a une faible portance.

L'ajout de ciment et de chaux augmente la portance du sol, l'ajout de ciment étant plus efficace que celui de chaux. Avec 10% de ciment, le taux de CBR augmente de 5,37% à 46,32%, tandis qu'avec 10% de chaux, il augmente de 5,37% à 28,916%. Le sol stabilisé avec 10% de ciment ou de chaux est approprié pour être utilisé en couche de fondation pour les chaussées revêtues, tandis que celui stabilisé avec 5% de ciment ou de chaux est adapté pour les assises de plateforme pour les chaussées.

MOTS-CLEFS: Ciment, Chaux, Sol, Stabilisation, Portance.

1 INTRODUCTION

Le développement durable doit être pris en compte dans toutes les activités humaines pour protéger l'environnement et gérer les ressources naturelles. La construction est une activité qui a le plus grand impact sur la nature, notamment lors des

travaux routiers (remblais, couches de forme ou d'assises autoroutiers, routiers, ferroviaires,...etc.) [1]. Pour éviter le transport de terres et valoriser les matériaux locaux, il est possible d'utiliser des sols extraits d'un déblai, d'améliorer les propriétés en fonctions des propriétés recherchées eu égard au milieu dans lequel ils vont intervenir [2].

Actuellement, la technique de traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques est largement utilisée pour améliorer les propriétés mécaniques du sol. La stabilisation chimique des sols permet d'améliorer les propriétés des sols et valoriser certains types de sol présentant des caractéristiques mécaniques faibles [3].

En somme, le sol de Buganga présente des imperfections diverses notamment une faible portance, des déformations importantes sous l'action des charges, etc. car il a été constaté pendant la période pluvieuse des bourbiers qui prennent naissance sur les routes en terre mais aussi on assiste à des glissements de terre dans cette cité. Le stabiliser permettrait de le valoriser pour des projets spécifiques [4], [5], [6], [7], [8].

Le présent article se propose de présenter les résultats de l'étude de la stabilisation du sol de Buganga en RDC par le ciment d'une part et la chaux la chaux d'autre part en vue de la meilleure utilisation dans les constructions routières.

2 MATERIELS ET METHODES

Le site choisi pour le prélèvement de l'échantillon est situé à BUGANGA, un village de la cité de Minova situé dans la province du Sud Kivu en République Démocratique du Congo (RDC). Limitée au nord par la rivière Cingiri, au sud par la rivière Mweha, à l'est par le lac Kivu et à l'ouest par la rivière Nyabarongo. La zone est caractérisée par des montagnes, des vallées et des sols alluvionnaires qui influencent la production agricole. La végétation est caractérisée par les bambous, les arbres et la savane herbacée. Les précipitations annuelles sont en dessous de 1600 mm. La zone est hydrographiquement riche avec plusieurs rivières et le lac Kivu.

Après prélèvement de l'échantillon, les essais d'identification (analyse granulométrique, les limites d'atterberg) et les essais de caractérisation mécanique (par la détermination des indices Proctor et CBR) ont été effectués au laboratoire de génie civil de la faculté des sciences et technologies appliquées.

La teneur en eau a été déterminée suivant la norme NF P 94-050 [12] sur un échantillon de sol remanié, la masse volumique apparente suivant la norme NF P 94-053 [13], la masse volumique absolue mesurée au pycnomètre selon la norme NF P 94-054 [14]. L'analyse granulométrique a été effectuée par voie humide suivant la norme NF P 94-056 [9] en vue de connaître la distribution granulométrique du sol de BUGANGA. L'essai des limites d'Atterberg a permis de connaître l'état de consistance du sol de BUGANGA. La limite de plasticité a été déterminée suivant la norme NF P 94-051 [15] et l'indice de plasticité a été déterminé suivant la norme NF P 94-057 [16]. L'essai Proctor modifié nous a permis de déterminer la teneur en eau optimale ainsi que la densité sèche maximale suivant la norme NF P 94-093 [11]. L'essai CBR nous a permis de déterminer l'indice CBR suivant la norme NF P 94-078 [10].

3 RESULTATS

Cette section présente les résultats obtenus pour les différents essais effectués au laboratoire et leur interprétation sur le sol de BUGANGA à l'état naturel ainsi qu'à l'état stabilisé par la chaux et le ciment.

3.1 CARACTERISATION DU SOL DE BUGANGA A L'ETAT NATUREL

3.1.1 DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES D'ÉTAT

Les paramètres d'état du sol de BUGANGA sont présentés dans le Tableau 1.

Tableau 1. Valeurs obtenues sur les différents paramètres d'état du sol de BUGANGA

Paramètres	Unités	Valeurs
Teneur en eau naturelle	%	11,08
Masse volumique apparente (ρ)	g/cm ³	1,08
Masse volumique sèche (ρ_d)	g/cm ³	0,97
Masse volumique des grains solides (ρ_s)	g/cm ³	2,49
Indice des vides (e)		1,56
Porosité (n)	%	60,93
Degré de saturation (Sr)	%	17,68

3.1.2 COMPOSITION GRANULOMÉTRIQUE

La composition granulométrique du sol de BUGANGA est présentée sur la Fig. 2.

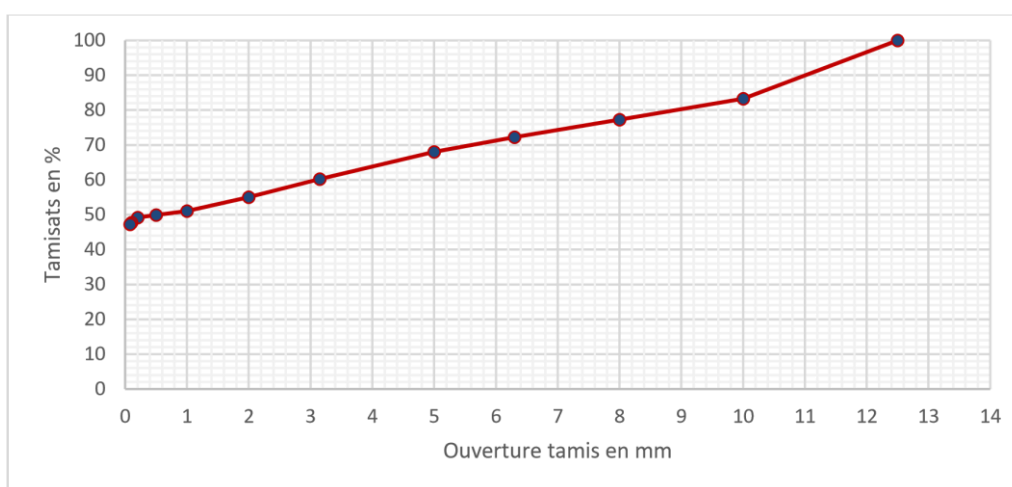


Fig. 1. Composition granulométrique du sol de BUGANGA

3.1.3 LIMITES D'ATTERBERG

La limite de plasticité moyenne obtenue pour les trois essais effectués est égale à 22,223% et la limite de liquidité trouvée à partir du graphique de la fig. 3 est de 39%. De par les valeurs de la limite de liquidité et de la limite de plasticité nous trouvons que l'indice de plasticité du sol de BUGANGA à l'état naturel est de 16,77%.

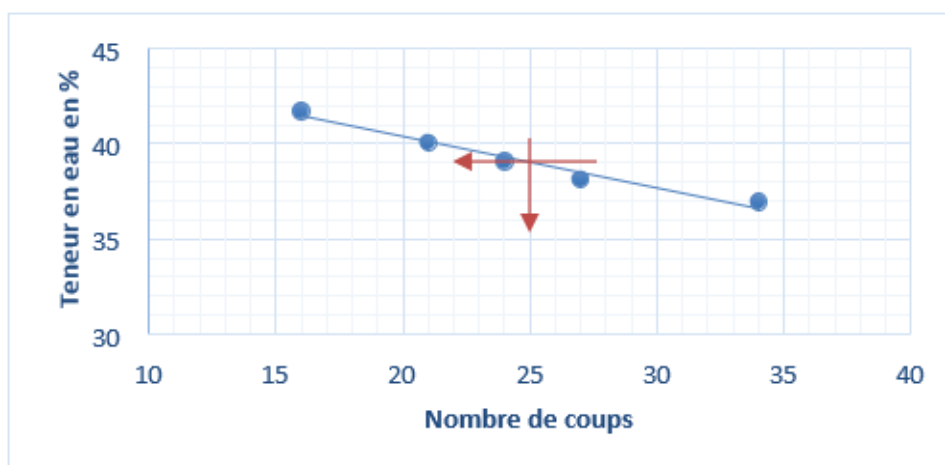


Fig. 2. Limite de liquidité du sol de BUGANGA à l'état naturel

3.1.4 CLASSIFICATION DU SOL DE BUGANGA

De par l'analyse granulométrique et les limites d'atterberg, il advient que le sol de BUGANGA appartient à la classe des sols fins. S'agissant du type, c'est une argile sableuse peu plastique avec un potentiel de gonflement moyen.

3.1.5 PROCTOR MODIFIE DU SOL DE BUGANGA

La densité sèche maximale du sol de BUGANGA (Fig. 4) est de 2,092 t/m³ avec une teneur en eau maximale de 10,9%.

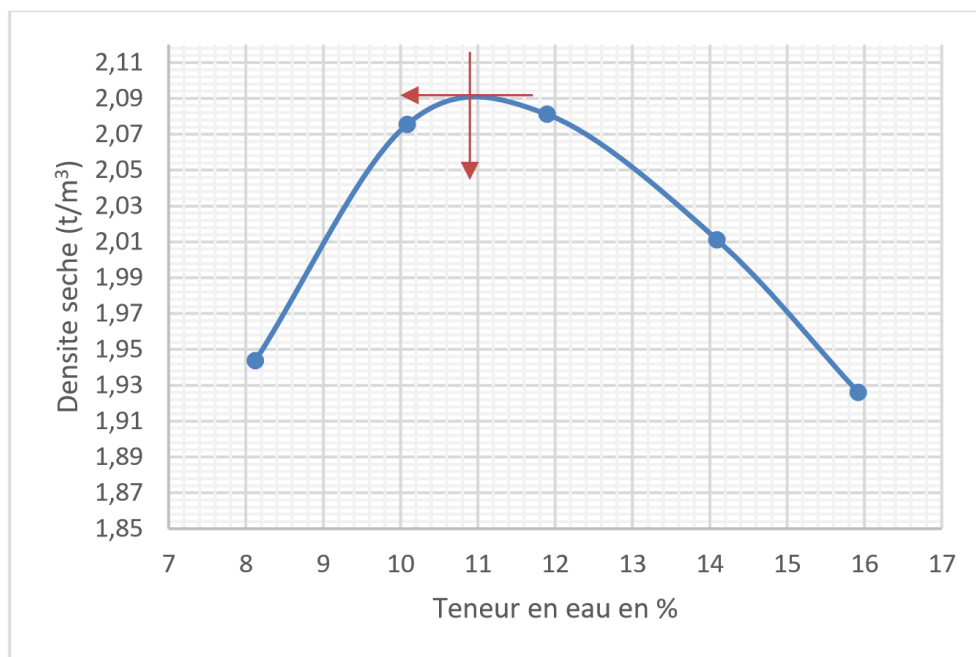


Fig. 3. Courbe Proctor du sol de BUGANGA

3.1.6 PORTANCE DU SOL DE BUGANGA

L'indice CBR après quatre jours d'immersion (Tableau 2) étant égal à 5,37% correspondant à 95% de compactage. D'après [16], ayant trouvé un CBR compris entre 3% et 6% nous pouvons dire alors que le sol de BUGANGA appartient à la classe de portance S1 correspondant à une portance faible.

Tableau 2. Indice de Portance du sol de BUGANGA

Enfoncement	Effort de pénétration	CBR après immersion
CBR2,5	$\frac{0,65}{13,6} \times 100$	4,78%
CBR5	$\frac{1,09}{20,3} \times 100$	5,37%

3.2 CARACTERISTIQUES DU SOL DE BUGANGA STABILISE AU CIMENT

3.2.1 EVOLUTION DES LIMITES D'ATTERBERG EN FONCTION DE LA TENEUR EN CIMENT

Les limites de liquidité et de plasticité ont été déterminées sur différents pourcentages de ciment allant de 0 à 10% (Tableau 3). La limite de liquidité (WL) ainsi que l'indice de plasticité (Ip) du sol de BUGANGA diminuent en fonction de l'ajout en teneur en ciment. Quant à la limite de plasticité (Wp), elle augmente en fonction de l'ajout en teneur en ciment.

Tableau 3. Limites d'atterberg du sol de BUGANGA en fonction du pourcentage en Ciment

Teneur en ciment	0%	5%	7,5%	10%
W _L (%)	39,00	37,25	35,9	35,3
W _p (%)	22,223	23,846	25,30	26,37
I _p (%)	16,77	13,404	10,6	8,93

3.2.2 EVOLUTION DES CARACTERISTIQUES PROCTOR MODIFIE EN FONCTION DE LA TENEUR EN CIMENT

L'ajout de la teneur en ciment diminue la densité sèche du sol de BUGANGA et augmente la teneur en eau optimale de ce dernier (Tableau 4).

Tableau 4. Variation de la densité sèche maximale et de la teneur en eau en fonction de différents dosages en Ciment

Dosage en Ciment	0%	5%	7,5%	10%
Densité sèche maximale	2,092	2,057	1,965	1,81
Teneur en eau optimale (%)	10,9	11,62	13,2	15,25

3.2.3 EVOLUTION DE L'INDICE CBR EN FONCTION DE LA TENEUR EN CIMENT

L'ajout de la teneur en ciment augmente l'indice CBR du sol de BUGANGA (Tableau 5).

Tableau 5. Variation de l'indice CBR en fonction du % de Ciment

Teneur en Ciment (%)	0	5	7,5	10
CBR après immersion	5,37	24,29	33,11	46,32

3.3 CARACTERISTIQUES DU SOL DE BUGANGA STABILISE A LA CHAUX**3.3.1 EVOLUTION DES LIMITES D'ATTERBERG EN FONCTION DE LA TENEUR EN CHAUX**

On remarque (Tableau 6) que la limite de liquidité ainsi que l'indice de plasticité du sol de BUGANGA diminuent en fonction de l'ajout en teneur en chaux. Quant à la limite de plasticité, elle augmente en fonction de l'ajout en teneur en chaux.

Tableau 6. Limites d'Atterberg du sol de BUGANGA en fonction du pourcentage en chaux

Teneur en chaux	0%	5%	7,5%	10%
W _L (%)	39,00	37,8	36,5	35,8
W _p (%)	22,223	25,699	26,396	27,026
I _p (%)	16,77	12,101	10,104	8,774

3.3.2 EVOLUTION DES CARACTERISTIQUES PROCTOR MODIFIE EN FONCTION DE LA TENEUR EN CHAUX

L'ajout de la teneur en chaux diminue la densité sèche du sol de BUGANGA et augmente la teneur en eau optimale de ce dernier (Tableau 7).

Tableau 7. Variation de la densité sèche maximale et de la teneur en eau en fonction de différents dosages en chaux

Dosage en Chaux	0%	5%	7,5%	10%
Densité sèche maximale	2,092	2,059	1,935	1,826
Teneur en eau optimal (%)	10,9	13,2	14,97	16,8

3.3.3 EVOLUTION DE L'INDICE CBR EN FONCTION DE LA TENEUR EN CHAUX

On remarque (Tableau 8) que l'ajout de la teneur en chaux augmente l'indice CBR du sol de BUGANGA.

Tableau 8. *Variation de l'indice CBR en fonction du % en chaux*

Teneur en Chaux (%)	0	5	7,5	10
CBR après immersion	5,37	15,52	22,25	28,92

4 DISCUSSIONS DES RESULTATS

Les résultats obtenus en se basant sur la classification GTR et LCPC permettent de dire que le sol de BUGANGA appartient à la classe des sols fins (% fines $\geq 35\%$: 47,25%) [16]. S'agissant du type de sol, c'est une argile sableuse ($I_p = 16,77\%$) et peu plastique mais aussi ce sol est caractérisé comme étant un sol de faible portance ($CBR = 5,37\%$). S'agissant du gonflement, il a été trouvé que le sol de BUGANGA a un gonflement moyen.

Avec une portance faible [16], le sol de BUGANGA nécessite une stabilisation pour son utilisation dans les constructions routières.

Partant de l'évolution en teneur en ciment et en chaux, on remarque que:

- L'ajout du ciment diminue plus la limite de liquidité par rapport à l'ajout de la chaux. D'où pour une teneur en chaux de 10%, la limite de liquidité est réduite de **8,2%** et pour la même teneur on observe une réduction de **9,48%** pour le ciment
- L'ajout de la chaux augmente plus la limite de plasticité par rapport à l'ajout du ciment. D'où pour une teneur en chaux de 10% la limite de plasticité a augmenté de **21,61%** et pour la même teneur, on observe une augmentation de **18,66%** pour le ciment
- L'indice de plasticité du ciment dépasse celui de la chaux. D'où pour une teneur en ciment de **10%**, l'indice de plasticité est réduit de **46,75%** et pour la même teneur on observe une réduction de **47,68%** pour la chaux
- Il y a abaissement de la densité sèche maximale pour le ciment et pour la chaux. D'où la densité sèche maximale est passée de **2,092 t/m³** à **1,81 t/m³** pour 10% de teneur en ciment et de **2,092 t/m³** à **1,826 t/m³** pour la même teneur en chaux
- Il y a une augmentation de la teneur en eau à la fois pour le ciment et pour la chaux. D'où la teneur en eau optimale est passée de **10,9%** à **15,25%** pour le ciment; soit une augmentation de **39,9%** et pour la chaux, elle est passée de **10,9%** à **16,8%**; soit une augmentation de **54,128%**
- Le sol de BUGANGA a un CBR de **5,37%** à l'état naturel et par conséquent il est d'une portance faible (classe S1) [16]. Stabilisé à **5%** au ciment et à la chaux, il passe de **5,37%** à **15,517%** et **24,29%** respectivement; il passe alors d'une portance faible à une portance élevée (classe S3). Stabilisé à **7,5%** au ciment et à la chaux, la portance du sol de BUGANGA passe de faible à élevée pour la chaux soit **22,2516** et très élevée pour le ciment soit **33,1128**. La stabilisation à **10%** quant à elle permet de passer d'une portance faible à une portance très élevée; soit **46,32%** pour le ciment et **28,916%** pour la chaux

D'où la stabilisation du sol au ciment augmente significativement la portance du sol de BUGANGA par rapport à la stabilisation à la chaux.

5 CONCLUSION

La présente étude avait comme objectif de faire une comparaison de la stabilisation du sol au ciment et à la chaux avec application au sol de BUGANGA à Minova en vue de son utilisation dans les constructions routières (couches d'assise et plateforme support des chaussées).

En somme, cette étude a révélé que la stabilisation du sol de BUGANGA à Minova à l'aide du ciment ou de la chaux est efficace pour améliorer ses propriétés géotechniques et le préparer à une utilisation dans les constructions routières. Les résultats montrent une diminution de la limite de liquidité, une augmentation de la limite de plasticité, une diminution de

l'indice de plasticité, une diminution de la densité sèche maximale, une augmentation de la teneur en eau optimale, une augmentation de l'indice CBR après immersion et une diminution du gonflement linéaire, après sa stabilisation par le ciment ou la chaux.

Il est recommandé de procéder à une stabilisation du sol à la pouzzolane et de réaliser une étude technico-économique approfondie pour éclairer le choix de la procédure de stabilisation la plus appropriée [17], [18], [19].

Ces résultats pourront être utiles aux ingénieurs et professionnels du génie civil dans leurs projets de construction de routes dans la région de Minova.

REFERENCES

- [1] B. Indraratna, «Developing sustainable geotechnical solutions in transport infrastructure construction,» *International Journal of Geotechnical Engineering*, vol. 11, no. 1, pp. 1-2, Jan. 2017.
- [2] J.F. Chatab et al., Valorisation des sols latéritiques pour la construction des remblais routiers au Bénin, *Revue CAMES - Science et Technique*, vol. 7, pp. 75-86, 2013.
- [3] P. Duffaut et al., «Traitement des sols aux liants hydrauliques pour les chaussées en Allemagne, » *Le Moniteur des Travaux Publics*, no. 5802, pp. 59-62, Mai 2015.
- [4] T.D. Lin et al., «Stabilization of Roadway Subgrade Soil by Water Repellent Admixtures,» *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 33, no. 3, Mar. 2021.
- [5] Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, *Guide pratique de la construction durable*, Éditions Territorial, 2015.
- [6] A. Debrit, «Valorisation des sols de carrière pour la construction de chaussées, » *Le Moniteur des Travaux Publics*, no. 5795, pp. 70-72, Mar. 2015.
- [7] L. Mohajeri et al., «Mechanical and Micro-structural improvement of soil treated by cement and lime,» *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 10, no. 1, Jan. 2021.
- [8] M. Hong et al., «Environmental characterisation of stabilised dredged mud for sustainable road infrastructures,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 266, Mar. 2020.
- [9] Association Française de Normalisation (AFNOR), Norme NF P 94-056. Granulats –Analyse granulométrique – Méthode par voie humide, AFNOR, France, 2003.
- [10] Association Française de Normalisation (AFNOR). Norme NF P 94-078. Granulats – Détermination de l'indice CBR – Méthode d'essai, AFNOR, France, 2005.
- [11] Association Française de Normalisation (AFNOR), Norme NF P 94-093. Sol stabilisé – Essai Proctor modifié – Méthode d'essai, AFNOR, France, 2007.
- [12] NF P 94-050, Sols: Reconnaissance et essais - Détermination de la teneur en eau des sols, AFNOR, France, 1995.
- [13] NF P 94-053, Sols: Reconnaissance et essais - Détermination de la masse volumique apparente d'un sol, AFNOR, France, 1995.
- [14] NF P 94-054, Sols: Reconnaissance et essais - Détermination de la masse volumique absolue d'un sol au picnomètre. AFNOR, France, 1996.
- [15] NF P 94-051, Sols: Reconnaissance et essais - Limites d'Atterberg: Limite de plasticité, AFNOR, France, 1995.
- [16] LCPC, Guide de caractérisation des sols et des enrochements pour les travaux routiers, Editions du LCPC, 1993.
- [17] F. Hedayati, A. Behnia, and S. Hedayati, «Stabilization of soil with cement and lime: A review», *Journal of Materials Science Research*, vol. 5, pp. 20-31, 2016.
- [18] R. Basha, T. Hashim, and M. Mahmud, «Stabilization of residual soil with rice husk ash and cement», *Construction and Building Materials*, vol. 23, pp. 2245-2250, 2009.
- [19] J. M. Galera, M. M. Martín-Rosales, and J. L. Santana, «Mechanical properties of materials stabilized with different blends of lime, cement, and fly ash», *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 28, 2016.
- [20] C. Wei and Y. Wu, «Effective utilization of lime and cement in marine soft soil stabilization», *Materials Research Express*, vol. 5, 2018.

Etude du comportement de la résistance en compression du béton suite à la variation unimodale quantitative de ses composantes primaires

[Study of concrete compressive strength behavior following quantitative unimodal variation of its primary components]

Cirhuza Badesire Paterne¹, Muhindo Wa Muhindo Abdias², Aksanti Balola Jackson¹, Bashige Germaine¹, Koko Katumbi¹, Gabriel Kashala¹, Prince Badesire³, and François Ngapgue⁴

¹Department of Civil Engineering, Université Libre des Pays des Grands Lacs (BP 368), Goma, North Kivu, RD Congo

²Buildings and Publics Works Section, Institut du Batiment et des Travaux Publics, Butembo, RD Congo

³Department of Civil Engineering, Université de Kinshasa (B.P. 127), Kinshasa, RD Congo

⁴Department of Civil engineering, Dschang University (BP134), Bandjoun, Cameroon

Copyright © 2023 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 presents the results of a study on the behavior of the compressive strength of a reference concrete formulated by the Dreux-Gorisse method, varying the dosage of water and cement by +/-10%, +/-20%, and +/-30%. The strength obtained for the reference concrete was 13.04MPa. However, an excessive change in the water dosage resulted in strengths of 8.438MPa, 7.05MPa, and 4.73MPa respectively for the dosages of +10%, +20%, and +30%. A deficient change in water dosage produced strengths of 14.418MPa, 15.465MPa, and 17.11MPa for the dosages of -10%, -20%, and -30%. For an excessive change in cement dosage, the strengths were 13.496MPa, 15.936MPa, and 21.575MPa respectively for the dosages of +10%, +20%, and +30%. A deficient change in the cement dosage showed strengths of 6.271MPa, 5.26MPa, and 3.207MPa for the dosages of -10%, -20%, and -30%. These results demonstrate that variations in these two components significantly affect the compressive strength of concrete. However, the change in cement dosage has a far greater impact on compressive strength than that of water.

KEYWORDS: Cement dosage, Concrete, Compressive strength, Water dosage, Variation.

RESUME: Cet article présente les résultats d'une étude portant sur le comportement de la résistance à la compression d'un béton de référence formulé par méthode Dreux-Gorisse et faisant varier le dosage en eau et en ciment de +/-10%, +/-20%, et +/-30%. La résistance obtenue pour le béton de référence a été de 13,04MPa. Toutefois, une variation en excès du dosage en eau a entraîné des résistances de 8,438MPa, 7,05MPa, et 4,73MPa respectivement pour les dosages de +10%, +20%, et +30%. La variation en défaut du dosage en eau a donné des résistances de 14,418MPa, 15,465MPa, et 17,11MPa pour les dosages de -10%, -20%, et -30%. Pour la variation en excès du dosage en ciment, les résistances ont été de 13,496MPa, 15,936MPa, et 21,575MPa respectivement pour les dosages de +10%, +20%, et +30%. La variation en défaut du dosage en ciment a montré des résistances de 6,271MPa, 5,26MPa, et 3,207MPa pour les dosages de -10%, -20%, et -30%. Ces résultats démontrent que la variation de ces deux constituants affecte considérablement la résistance à la compression du béton. Toutefois, la variation du dosage en ciment influe largement sur la résistance à la compression par rapport à celle de l'eau.

MOTS-CLEFS: Béton, Dosage en Ciment, Dosage en béton, Résistance à la compression, Variation.

1 INTRODUCTION

Les constructions en béton sont très répandues dans le monde, sous diverses formes. Il est estimé qu'à chaque seconde, 190 m³ de béton sont coulés, soit 6 milliards de m³ par an, ce qui fait du béton l'un des matériaux les plus utilisés au monde [1]. Le béton est également un matériau intéressant dans le domaine du génie civil, grâce notamment à ses constituants faciles à trouver et à sa mise en œuvre n'exigeant pas de matériels sophistiqués. Le béton est soumis à des normes, de sa formulation à sa mise en œuvre [2].

Dans les pays en voie de développement, ces normes sont souvent mal respectées en raison de l'absence de matériel adéquat pour la mise en œuvre. Bien que certaines entreprises disposent de ces matériels de base et réussissent à produire du béton selon les règles de l'art, dans certains chantiers de construction, le béton est encore coulé sans ces matériels, entraînant des différences entre les valeurs théoriques (calculées lors de la formulation) et pratiques (celles mesurées sur chantier). Ces différences peuvent causer des désordres dans la structure, allant d'une simple fissure à l'effondrement, comme stipulé dans le rapport de l'organisme de surveillance PlaneScope de décembre 2019 [3], [4].

Ce travail se propose d'étudier le comportement de la résistance à la compression du béton lorsque certaines de ses composantes primaires, en l'occurrence le ciment et l'eau, sont en excès ou en déficit par rapport aux valeurs calculées lors de la formulation. Nous chercherons à déterminer si l'excès ou le déficit en ciment ou en eau a une forte influence sur la résistance visée. Pour cela, il est nécessaire de déterminer les caractéristiques physiques des granulats devant être utilisés dans la formulation, ainsi que celles du ciment utilisé. Des éprouvettes cylindriques de béton (16x32cm) seront ensuite réalisées et testées à la compression 28 jours après leur fabrication [5], [6].

2 MATERIELS ET METHODES

Les constituants utilisés dans le béton sont de diverses natures et de diverses origines. Dans les paragraphes qui suivent, nous présentons respectivement la nature et l'origine du ciment, de l'eau, du sable et du gravier utilisés.

Le ciment HIMA a été utilisé lors de la fabrication des différents bétons. Le ciment choisi dans cette étude est du type pouzzolanique CEM IV/B de classe 32,5 de couleur grise et est produit en Ouganda.

L'eau de gâchage utilisée dans la fabrication des bétons est potable et est fournie par la Régie Congolaise de Distribution d'Eau (REGIDESO).

Le sable utilisé est un sable roulé dragué dans le lac Kivu de classe 0/5.

Le gravier utilisé est du type concassé et a été extrait de la roche basaltique de la carrière de NGANGI, à Goma, en RDCongo, de classe 5/25.

L'étude de la composition du béton est effectuée en utilisant la méthode de Dreux-Gorisse [7], [8]. Après la détermination du dosage des divers éléments constitutifs du béton, des variations en défaut du dosage en eau "E" de -10 %, -20 %, -30 % et en excès de 10 %, 20 %, 30 % sont effectuées par rapport à la quantité d'eau déterminée lors de la formulation, tout en gardant constants les dosages des autres éléments. D'autres variations seront effectuées au dosage du ciment "C" en défaut de -10%, -20%, -30% et en excès de 10%, 20%, 30% par rapport à celui déterminé lors de la formulation, tout en gardant constants les dosages des autres éléments.

L'analyse granulométrique des granulats a été effectuée selon la norme NF P 18-560 [9]. La masse volumique apparente a été déterminée selon les normes NF P 18-555 [10]. La masse volumique absolue a été déterminée selon les normes NF P 18-554 [11]. L'équivalent de sable a été déterminé selon les normes NF P 18-598 [12]. La masse volumique absolue du ciment a été déterminée en appliquant la méthode de l'éprouvette graduée selon la norme NF P 18-558 [13]. L'essai de consistance a été réalisé selon la norme NF P 18-451 [14]. L'essai de compression a été effectué suivant la norme NF EN 12390-7 [15].

3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

Cette section présente les résultats obtenus pour les différents essais effectués au laboratoire et leur interprétation.

3.1 CARACTERISATION DES CONSTITUANTS

3.1.1 SABLE

Le résultat de l'essai de détermination de la masse volumique absolue, apparente et de la teneur en eau du sable sont présentés dans le Tableau 1.

Tableau 1. Masses volumiques et teneur en eau du sable

	Masse volumique absolue (g/cm ³)	Masse volumique apparente (g/cm ³)	Teneur en eau (%)
Sable	2,71	1,86	2,5

L'analyse granulométrique a été effectuée sur le sable d'Idjwi. La composition granulométrique est présentée à la fig. 1.

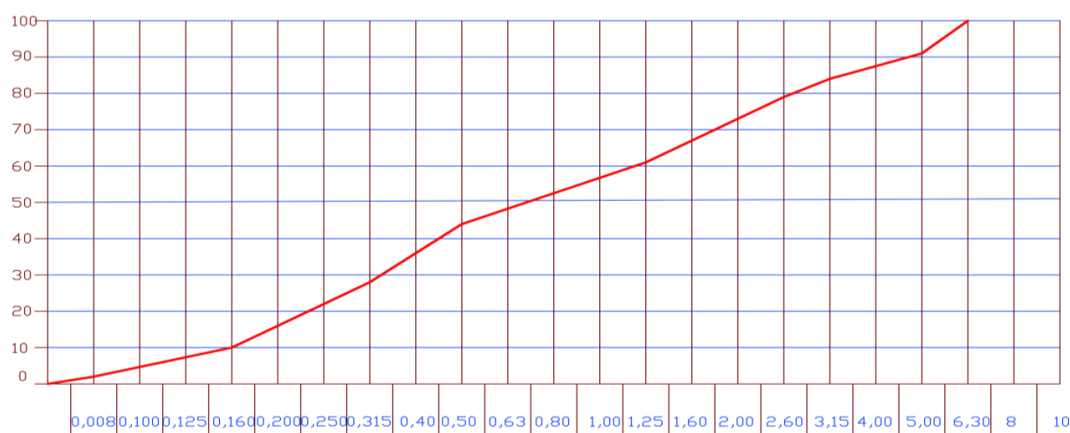


Fig. 1. Courbe de l'analyse granulométrique du sable

Le module de finesse du sable a été de 2,875 qui est légèrement supérieur à 2,8 cela revient à dire que le sable contient beaucoup de particules de grosse dimension.

Les coefficients d'uniformité C_u et de courbure C_z sont respectivement de 7,815 et 0,5. Il est constaté que C_u est supérieur à 2, la granulométrie est donc étalée et $C_z \leq 1$, la granulométrie du sable est donc mal graduée.

L'équivalent de sable a été déterminé à partir de la norme NF P 18-598 [12] et a pour valeur 81%. Il advient que ce sable est propre et convient à la formulation du béton.

3.1.2 GRAVIER

Le résultat de l'essai de détermination de la masse volumique absolue, apparente et de la teneur en eau du gravier sont présentés dans le Tableau 2

Tableau 2. Résultat des masses volumiques et de la teneur en eau du gravier

	Masse volumique absolue (g/cm ³)	Masse volumique apparente (g/cm ³)	Teneur en eau (%)
Gravier	2,913	1,79	1,9

La composition granulométrique du sable est présentée à la fig. 2.

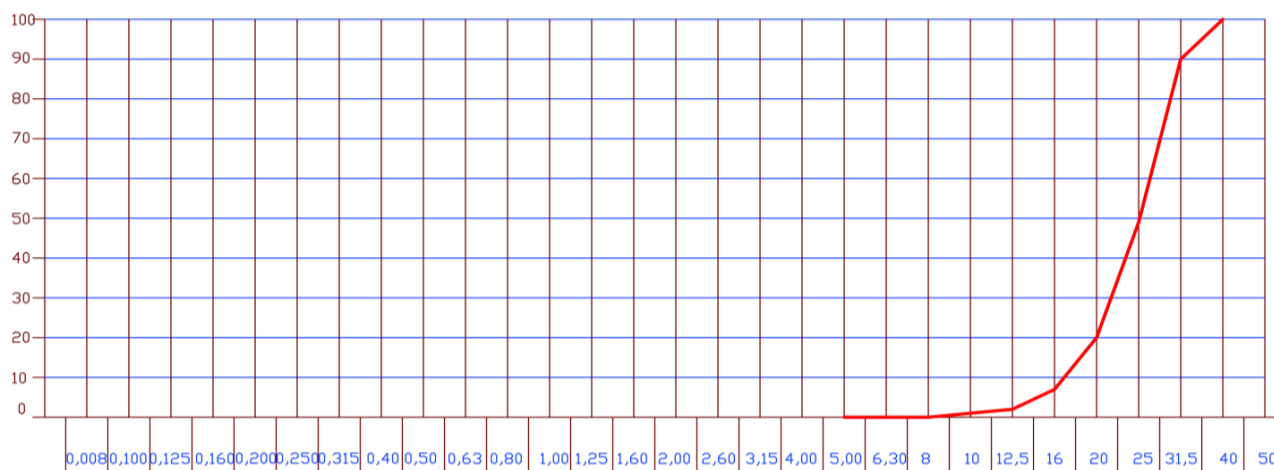


Fig. 2. Courbe d'analyse granulométrique du gravier

Les coefficients d'uniformité C_u et de courbure C_z sont respectivement 1,53 et 1,1. C_u étant inférieur à 2, la granulométrie du gravier utilisé est donc serrée. Quant au coefficient de courbure, sa valeur est de 1,1 d'où la granulométrie est bien graduée.

3.1.3 CIMENT

La masse volumique absolue obtenue du ciment utilisé est de $2,916 \text{ g/cm}^3$. Il est clair que la masse volumique du ciment utilisé avoisine la masse volumique de référence de $3,1 \text{ g/cm}^3$. Pour avoir la pâte normale, le ciment Hima requiert une quantité en eau de 35%. Le début de prise du ciment utilisé est de 4h 33min 33sec et la fin de prise est de 6h 20min 10sec.

3.2 RESULTAT DE LA FORMULATION PAR LA METHODE DE DREUX-GORISSE

Les données fondamentales des bétons d'étude à savoir la résistance souhaitée, la résistance visée, la consistance désirée, le type de vibration, la résistance du ciment, l'état des granulats ainsi que le diamètre du plus gros granulat sont repris dans le tableau 3.

Tableau 3. Données de base pour la formulation du béton

	Données
Résistance souhaitée à 28 jours	20MPa
Résistance visée	23MPa
Consistance désirée	7cm
Type de vibration	Faible
Résistance vrai du ciment	40MPa
Coefficient granulaire	0,4
Dmax	31,5 mm

La résistance caractéristique à la compression à 28 jours est de 20MPa; pour atteindre, la résistance moyenne visée est de 23MPa. Un béton plastique est recherché avec un affaissement au cône d'Abrams de 7cm, avec l'utilisation de vibration faible. Le ciment est de classe vraie de 40MPa, le coefficient granulaire des granulats étant de 0,4 et le diamètre du plus gros granulat étant de 31,5mm.

Les dosages en eau et en ciment ont été déterminés à partir de la formule de Bolomey et de l'abaque de Dreux [8]. Le dosage en eau obtenu a été corrigé en fonction de G, dimension du plus gros granulat.

Les dosages obtenus en ciment et en eau sont respectivement de $386,36 \text{ Kg/m}^3$ et $168,344 \text{ Kg/m}^3$.

Le dosage des granulats s'exprime en pourcentage. Ce dernier est obtenu à partir du tracé de la courbe granulométrique de référence OAB. Les différents points sont de coordonnées O (0,0); A (12,5; 46,2) et B (40,100%).

La fig. 4 présente le tracé de la courbe granulaire de référence et la détermination du pourcentage du sable.

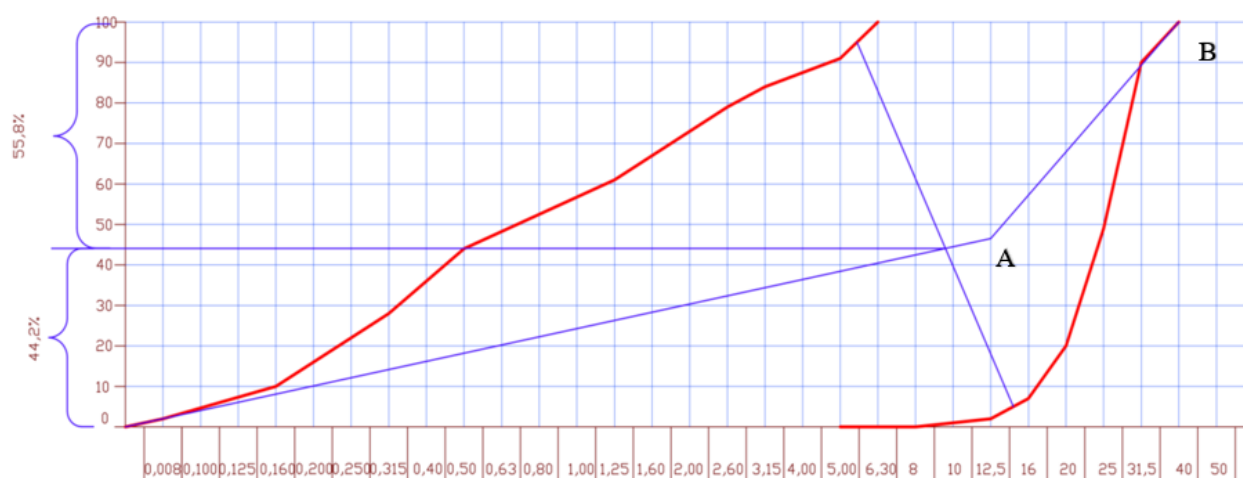


Fig. 3. Tracé de la courbe de référence

De cette courbe granulométrique, on déduit le pourcentage en sable et en gravier qui sont respectivement de 44,2% et 55,8%.

Le dosage des constituants ciment (C), eau (E), Sable (S) et gravier (G) du béton de référence pour un mètre cube sont respectivement de 386,36 Kg, 168,344 litres, 768,644 Kg et 1039,8 Kg correspondant à une masse volumique de 2363,148Kg/m³.

La composition réduite à trois moules de 16X32cm (un volume de 0,019292 m³) aboutit aux dosages en C, E, S et G respectivement de 5,67Kg, 8,1Kg, 16,2Kg et 22,032Kg

3.3 CARACTERISTIQUES DU BETON

Cette section présente les caractéristiques des bétons à l'état frais notamment la consistance ainsi que la caractéristique à l'état durci notamment la résistance en compression.

3.3.1 CONSISTANCE

La figure 4 montre que, d'une part, pour une diminution de l'eau de -10%, -20% et -30%, la consistance varie respectivement de 4,2 cm, 1,8 cm et 0,5 cm, correspondant à un béton ferme. D'autre part, pour une augmentation de +10%, +20% et +30%, la consistance varie respectivement de 8 cm (béton plastique), 14 cm (béton très plastique) et 17 cm (béton fluide). Il convient de noter que le béton de référence a une consistance de 7 cm correspondant à un béton plastique.

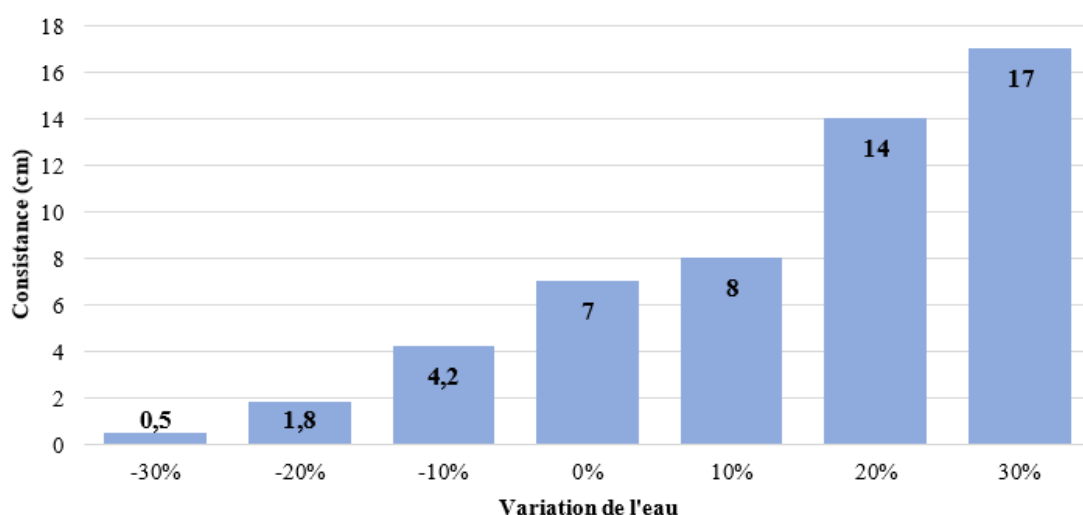


Fig. 4. Consistance des bétons par variation de l'eau

Les résultats de la figure 4 montrent que la consistance varie en fonction du taux de variation du ciment.

D'une part, pour une diminution de -10%, -20% et -30% en ciment, la consistance varie respectivement de 7,5cm (béton plastique), 9cm (béton très plastique) et 10,2cm (béton très plastique).

D'autre part, pour une augmentation de +10%, +20% et +30% en ciment, la consistance varie respectivement de 6cm (béton plastique), 5,4cm (béton plastique) et 3,4cm (béton ferme). Il est important de noter que le béton de référence a une consistance de 7cm (béton plastique).

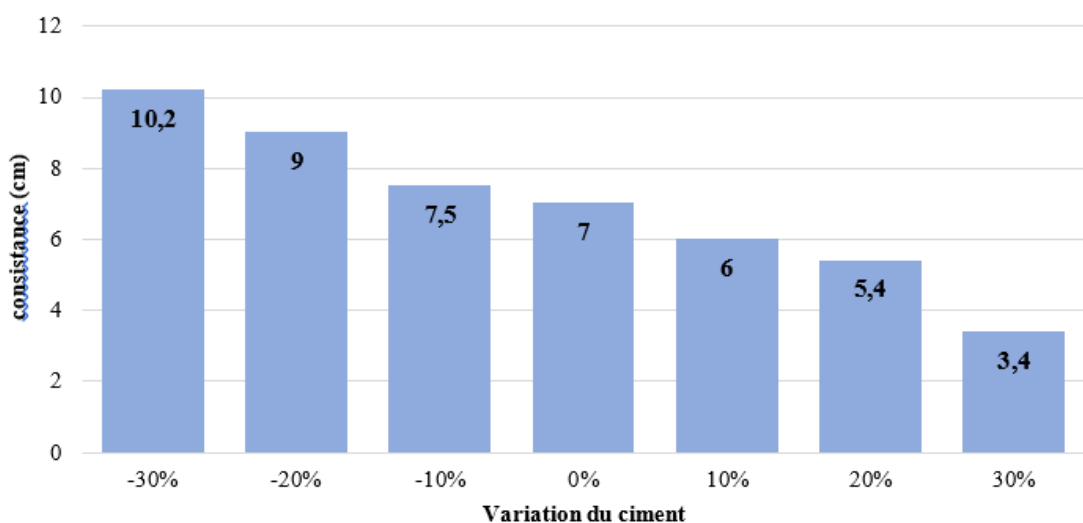


Fig. 5. Consistance des bétons par variation du ciment

3.3.2 MASSE VOLUMIQUE

La figure 6 montre que, d'une part, pour une diminution de l'eau de -10 %, -20 % et 30 %, la masse volumique varie respectivement de 2189,2 kg/m³, 2262,8 kg/m³ et 2354,3 kg/m³. D'autre part, pour une augmentation de +10 %, +20 % et +30 %, elle varie respectivement de 2132 kg/m³, 2123,8 kg/m³ et 2121,8 kg/m³ face à une masse volumique de 2259,7 kg/m³ pour le béton de référence, étant tous des bétons lourds. On constate que la diminution de l'eau augmente la masse volumique, tandis que l'augmentation de cette dernière diminue la masse volumique.

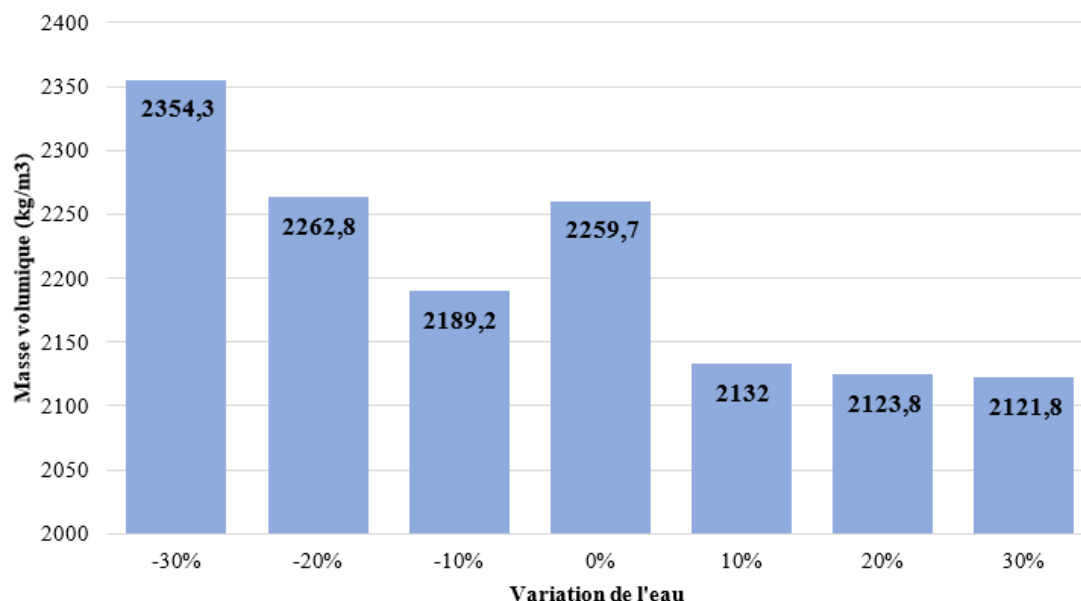


Fig. 6. Masse volumique des bétons par variation de l'eau

La figure 7 montre deux aspects. D'une part, la masse volumique varie respectivement de 2243,9kg/m³, 2172,1kg/m³ et 2131,8kg/m³ pour une diminution de l'eau de -10%, -20% et -30%. D'autre part, pour une augmentation de +10%, +20%, +30%, le dosage en eau varie respectivement de 2217,5kg/m³, 2243,9kg/m³, 2261 kg/m³ par rapport à une masse volumique de 2259,7kg/m³ pour le béton de référence, étant tous des bétons lourds.

Nous pouvons conclure que la diminution du ciment entraîne une diminution de la masse volumique tandis que l'augmentation du ciment entraîne une augmentation de la masse volumique.

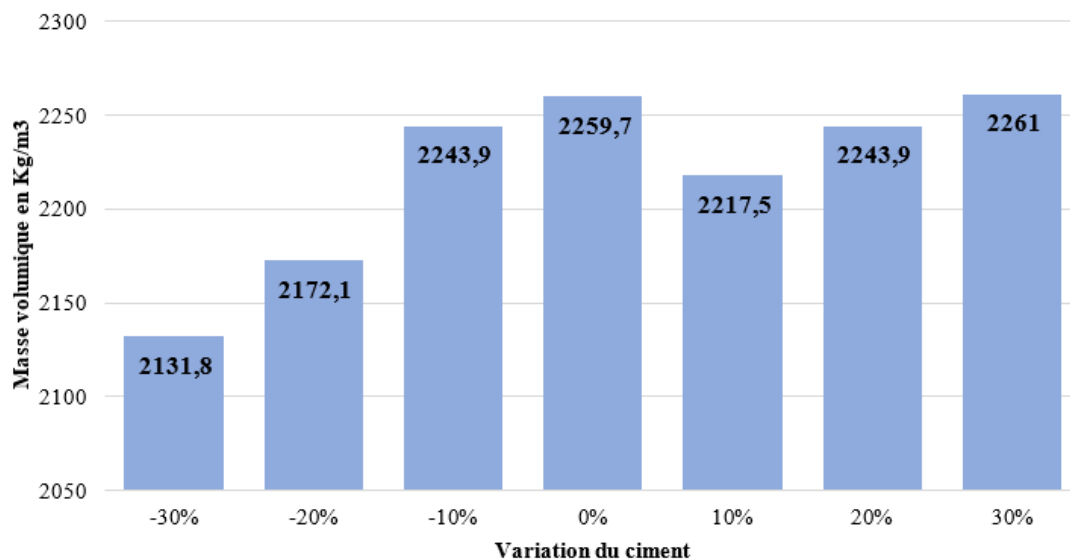


Fig. 7. Masse volumique des bétons par variation du ciment

3.3.3 RESISTANCE A LA COMPRESSION

La résistance à la compression du béton varie en fonction de la quantité d'eau utilisée. En effet, elle diminue de façon inversement proportionnelle à l'augmentation de l'eau. Ainsi, pour une diminution de -10%, -20% et -30%, la résistance varie respectivement de 14,418MPa, 15,465MPa appartenant à la classe C12/15 et 17,11MPa appartenant à la classe C16/20. En revanche, pour une augmentation de +10%, +20% et +30%, la résistance varie respectivement de 8,438MPa appartenant à

C8/10, 7,05MPa et 4,73MPa étant non classées. Il est important de noter que la résistance à la compression du béton de référence est de 13,04MPa.

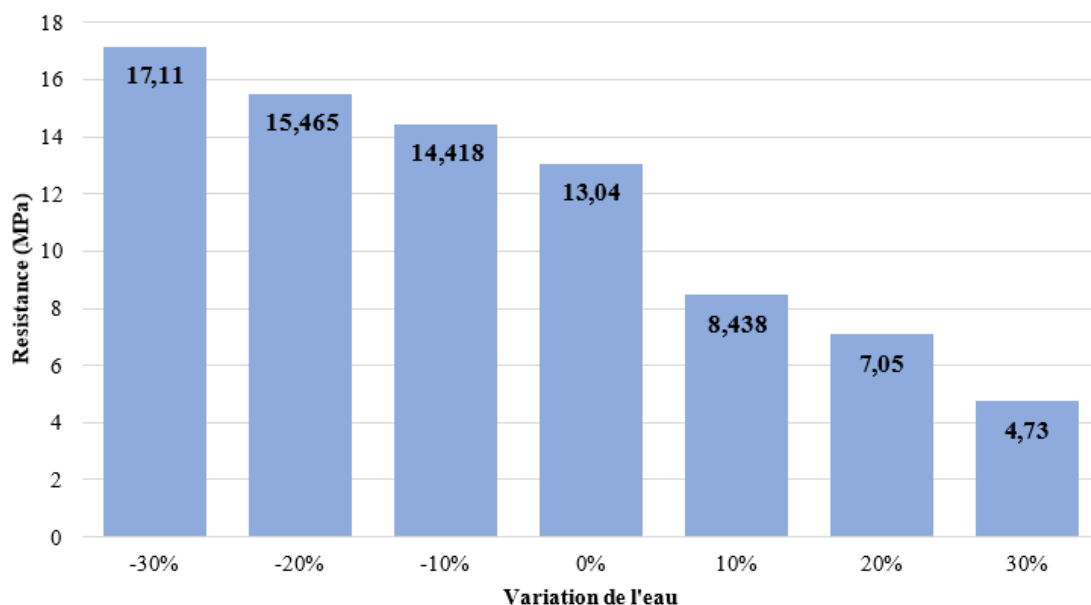


Fig. 8. Résistance à la compression des bétons par variation de l'eau

La résistance à la compression varie proportionnellement avec l'augmentation du ciment. Pour une diminution de 10%, 20% et 30%, la résistance varie respectivement de 6,271 MPa, 5,26 MPa et 3,207 MPa. Pour une augmentation de 10%, 20% et 30%, elle varie respectivement de 13,496 MPa pour la classe C12/16, 16 MPa pour la classe C16/20 et 21,575 MPa pour la classe C20/25.

Il est également important de noter que la résistance à la compression du béton de référence est de 13,04 MPa, appartenant à la classe C12/16.

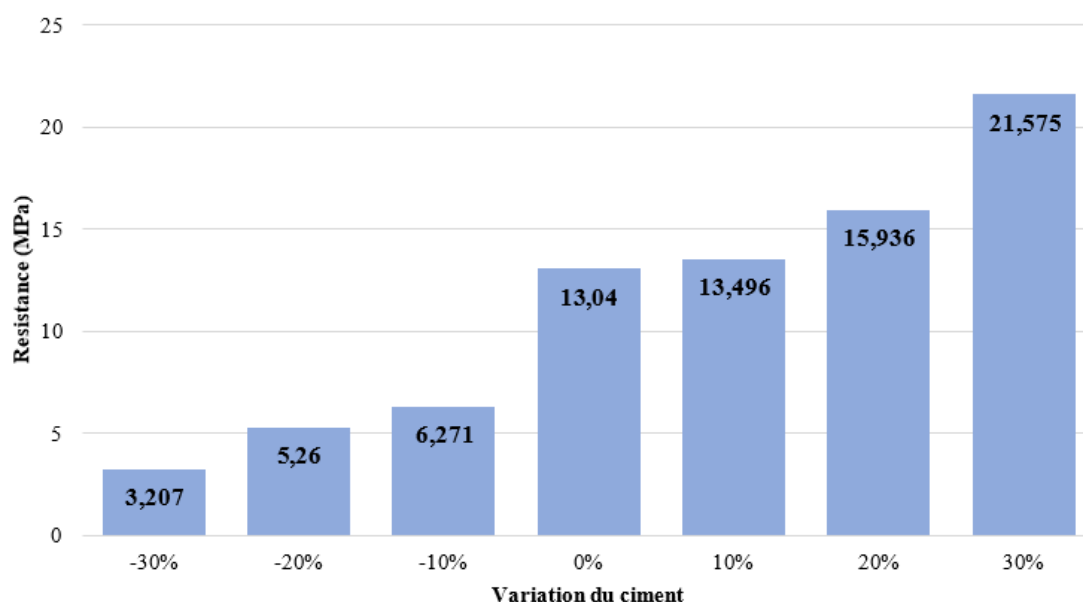


Fig. 9. Résistance à la compression des bétons par variation du ciment

4 CONCLUSION

Le présent article s'est basé sur l'étude du comportement de la résistance en compression du béton suite à la variation unimodale quantitative de ses constituants primaires, plus particulièrement la variation du dosage en eau et en ciment en vue de comprendre leurs influences sur la résistance en compression du béton.

Les éprouvettes cylindriques de béton de dimension 16×32 cm ont été confectionnées par la méthode de Dreux-Gorisse, celles-ci ont été écrasées après 28 jours d'immersion dans l'eau pour différentes variations du pourcentage de dosage en eau et en ciment.

Les résultats montrent que la variation du dosage en ciment présente une influence considérable par rapport à celle de l'eau. Toutefois l'influence de cette variation est tellement remarquable à -30% et +30% de variation du pourcentage en eau et en ciment, seuil dépassant largement les exigences fixées.

REFERENCES

- [1] MEHTA, P. K., & MONTEIRO, P. J. M. Concrete: Microstructure, properties, and materials. McGraw-Hill, 1993.
- [2] NAVILLE, C., DUCHESNE, L., & ROUSSEAU, F. « Influence of mixing method on fresh and hardened properties of self-compacting concrete, » *Cement and Concrete Composites*, 33 (7), 735-744, 2011.
- [3] RAJABPOUR, A., & VOSOOGHI, M. « Effect of water/cement ratio on the fresh and hardened properties of self-compacting concrete containing high volume fly ash, » *Construction and Building Materials*, 140, 213-222, 2017.
- [4] BUENO, C. A., & BOUVET, A. « Environmental impact of concrete: The contribution of life cycle assessment, » *Journal of Cleaner Production*, 244, 118770, 2020.
- [5] KUMAR, R., KHOSLA, N., & KAUSHIK, S. K. « A review on durability of concrete containing industrial wastes as constituents, » *Sustainable Materials and Technologies*, 24, e00153, 2020.
- [6] AMBROISE, J., LAFLAMME, J., & LAFORTUNE, É. Development of dynamic non-destructive tests to assess the quality of concrete in structures. *Construction and Building Materials*, 170, 210-220, 2018.
- [7] Ossilati, E., Ntibabaza, E., & Rumonyangishaki, D., « *Evaluation of the mechanical strength of concrete by application of Dreux-Gorisse method* », *Advances in Civil Engineering*, Hindawi Publishing Corporation, USA, 2019.
- [8] H Jean FESTA, Georges DREUX, *Nouveaux guide du béton et de ses constituants*, EYROLLES, Paris, Huitième Edition, 2007.
- [9] NF P18-560, « Granulats - Analyse granulométrique », AFNOR, France, 2017.
- [10] NF P18-555, « Granulats - Masse volumique apparente et masse volumique de l'eau contenue pour granulats fins », AFNOR, France, 2007.
- [11] NF P18-554, « Granulats - Détermination de la masse volumique apparente et de l'absorption d'eau des granulats denses et résistants saturés d'eau », AFNOR, France, 2008.
- [12] NF P18-598, « Granulats - Détermination de l'équivalent de sable », AFNOR, France, 2008.
- [13] NF P18-558, « Ciments - Détermination de la masse volumique absolue », AFNOR, France, 2007.
- [14] NF P18-451, « Béton - Détermination de l'ouvrabilité - Essai au cône d'Abrams », AFNOR, France, 1995.
- [15] NF EN 12390-7, « Essais de compression des éprouvettes en béton durci - Partie 7: Essai à la compression axiale des éprouvettes cylindriques », AFNOR, France, 2019.

Étude du profil des revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan en Côte d'Ivoire

[Profile study of the living poultries resellers from Abidjan city in Côte d'Ivoire]

Moussa Komara¹⁻²⁻³, Yapo Akaffou¹⁻², and Bi Irie Van Dexter Youan¹⁻²

¹Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

²Pôle de Recherche Productions Animales, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

³Direction Régionale d'Abidjan du Ministère ivoirien en charge des Productions Animales, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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 this study was the determination of the profile from living poultries resellers of Abidjan city in Ivory Coast. Then, a survey has been conducted in 869 resellers through 79 selling points of the living poultries to Abidjan city. Survey data has been registered. Thus, gender (man or woman), age class (young, adults or seniors) and nationality (ivoirien or others) of living poultries resellers were determined. These variables have been tested by descriptive analysis. Also, the dependances between nationality (ivoirien or no ivoirien) with age classes or gender were tested with Pearson Chi square analyses. The results show that the men (98.85%) resellers of the living poultries are more than those women (1.15%). In the same way, the adults (56%) reseller of living poultries are more than those young (36%) or seniors (8%). For nationality, the living poultries resellers burkinabes (33.37%) or nigere (33.14%) are more important than ivoirians (26.58%) or maliens (5.98%), togolais (0.45%) or beninois (0.12%), ghanais (0.12%), guinéens (0.12%) or nigériens (0.12%). Furthermore, the living poultries resellers no ivoirians are more important than those ivoirians in each age class (young, adults, or seniors) ($p = 0.0008$). Also, the men resellers of living poultries no ivoirians are more than those ivoirians ($p = 0.04$). However, the women resellers of living poultries ivoirians are more important than those no ivoirians ($p = 0.04$). In conclusion, the living poultries resellers of the Abidjan city, dominated by men, are from different age classes and various nationality.

KEYWORDS: Living poultries, Resellers, Gender, Nationality, Abidjan city.

RESUME: L'objectif de cette étude était la détermination du profil des revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan en Côte d'Ivoire. Pour cela, une enquête a été réalisée auprès de 869 revendeurs de volailles vivantes de 79 points de vente de volailles vivantes dans 09 communes de la ville d'Abidjan. En effet, le recueil de données a été réalisé à partir de fiches individuelles à renseigner par les enquêteurs auprès des revendeurs de volailles vivantes dans des points de vente au sein des marchés publics et en dehors de ceux-ci successivement dans les 09 communes. Ensuite, les données de l'enquête ont été enregistrées dans une feuille de calcul Excel. Ainsi, les variables genre (homme ou femme), classe d'âge (jeunes, adultes ou seniors) et nationalité (ivoirien ou autres) des revendeurs de volailles vivantes ont été déterminées avec de la statistique descriptive. Aussi, les tests de Chi deux d'indépendance de Pearson ont été réalisés entre leurs nationalités (ivoiriens ou non ivoiriens) et les classes d'âges ou le genre des revendeurs de volailles vivantes. Les résultats montrent que les hommes revendeurs de volailles vivantes (98,85%) sont nombreux que les femmes (1,15%). Aussi, la majorité des revendeurs de volailles vivantes sont des adultes (56%) par rapport aux jeunes (36%) ou seniors (8%). En ce qui concerne la nationalité, les revendeurs de volailles vivantes burkinabés (33,37%) ou nigériens (33,14%) sont les plus nombreux. Ceux-ci sont suivis par les ivoiriens (26,58%) puis les maliens (5,98%), les togolais (0,45%), les béninois (0,12%) ou les ghanéens (0,12%), les guinéens (0,12%) ou nigériens (0,12%). En outre, les revendeurs de volailles vivantes non ivoiriens sont plus nombreux que les ivoiriens chez les jeunes, les adultes ou seniors ($p = 0,0008$). De même, les hommes revendeurs de volailles vivantes non ivoiriens sont plus nombreux que les ivoiriens ($p = 0,04$). Toutefois, les femmes revendeurs de volailles vivantes ivoiriennes sont plus nombreuses que les non ivoiriennes ($p = 0,04$). En conclusion, les revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan, majoritairement des hommes, sont de différentes classes d'âges et de diverses nationalités.

MOTS-CLEFS: Volailles vivantes, Revendeurs, Genre, Nationalité, Ville d'Abidjan.

1 INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, en général et à Abidjan en particulier, les populations pour leur consommation familiale de viande de volaille achètent majoritairement auprès des revendeurs des points de vente de volailles vivantes situés dans les marchés publics ou en dehors de ceux-ci. Par exemple, une étude [1] de la FAO sur la revue du secteur avicole en Côte d'Ivoire rapporte que ce circuit traditionnel absorbe 90 % du volume échangé dans la vente du poulet de chair. Ainsi, ces revendeurs de volailles vivantes constituent avec les collecteurs ou grossistes distributeurs qui les approvisionnent, les intermédiaires entre les éleveurs et les consommateurs familiaux dans le circuit traditionnel de commercialisation des volailles vivantes [1,2]. D'où l'intérêt à accorder aux revendeurs et points de vente de volailles vivantes. Surtout que ces revendeurs de volailles vivantes constituent le dernier maillon du circuit traditionnel de commercialisation des volailles vivantes [1] à Abidjan notamment.

En effet, Abidjan capitale économique de la Côte d'Ivoire est sa plus grande agglomération constituée de dix (10) communes et 5 616 633 habitants, selon le dernier recensement de 2021 des populations vivantes en Côte d'Ivoire, réalisé par le Ministère ivoirien en charge du Plan. Ce qui constituerait un volume important d'échanges dans les points de vente de volailles vivantes de la ville d'Abidjan, répertoriés par les services du Ministère ivoirien en charge des Productions Animales.

Toutefois, à notre connaissance, aucune étude n'a été réalisée sur le profil des revendeurs de volailles vivantes d'Abidjan. Pourtant ceux-ci sont des acteurs de commercialisation des volailles vivantes [1] ayant pour tutelle le Ministère ivoirien en charge des Productions Animales. Aussi, les revendeurs de volailles vivantes mènent une activité libérale, d'auto-emploi, génératrice de revenus qui permet à la plupart des familles d'acquiescer leur viande de volaille pour la consommation familiale en protéines animales d'origine avicole à Abidjan. En outre, des études ont été réalisées sur les acteurs de la commercialisation du poulet en Côte d'Ivoire [2], à Dakar au Sénégal [3] et à Lubumbashi en République Démocratique du Congo [4].

C'est pourquoi cette étude a déterminé principalement le profil des revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan. Il s'est agi, notamment, du genre (homme ou femme), de la classe d'âge (jeune, adulte ou sénior), de la nationalité (ivoirien ou autres) et des éventuelles indépendances de la nationalité (ivoiriens ou non ivoiriens) avec la classe d'âge ou avec le genre des revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'enquête a été réalisée du 8 février au 8 juin 2022 auprès des revendeurs de volailles vivantes des marchés publics ou en dehors de ceux-ci, répertoriés par les services du Ministère ivoirien en charge des Productions Animales, dans les communes de la ville d'Abidjan exceptée la commune administrative et des affaires du Plateau qui n'en possède pas. Ainsi, un échantillon représentatif de 869 sur une population de 910 revendeurs de volailles vivantes a été déterminé avec un niveau de confiance de 99% et une marge d'erreur de 2%. Les échantillons de chaque commune ont été: Attécoubé (17), Yopougon (155), Abobo (164), Adjamé (183), Cocody (160), Treichville (61), Marcory (25), Koumassi (67) et Port-Bouët (37).

Une fiche d'enquête préalablement établie a été utilisée pour recueillir les informations de chaque revendeur de volailles vivantes des points de vente de volailles vivantes dans chacune des neuf (9) communes de l'étude. Ce qui a permis d'obtenir les variables. Toutefois, la variable âge des revendeurs de volailles vivantes a été déterminée au 31 décembre 2022 à partir de leur date de naissance attestée par une carte d'identité ou consulaire. Cette pièce d'identité révélait aussi la variable nationalité.

Après l'enquête, les informations de chacun des revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan ont été enregistrées dans une même feuille du logiciel Excel version 2021. Ainsi, les effectifs et proportions de chaque variable ont été déterminés dans cette feuille de calcul après la détermination des âges. Pour la variable âge, trois (3) classes ont été retenues. Ce sont les classes des jeunes (18 ans, âge minimum des revendeurs de volailles vivantes, à 35 ans), des adultes (36 ans à 60 ans) et des séniors (61 ans à 82 ans, âge maximum des revendeurs de volailles vivantes). En effet, en Côte d'Ivoire, sont considérés comme les jeunes, ceux qui ont un âge inférieur ou égal à 35 ans. C'est pourquoi nous avons considéré comme adulte ceux de la classe d'âge de 36 ans à 60 ans. Car il est connu aussi que la classe d'âge des séniors c'est à partir de 61 ans. D'où la classe des séniors (61 ans à 82 ans, âge maximum des revendeurs de volailles vivantes).

Aussi, des analyses descriptives des variables ont été effectuées avec le logiciel Excel version 2021.

En outre, le logiciel R, version 4.2.2, a été utilisé pour les analyses statistiques du Khi deux de Pearson. Ce sont des tests d'indépendance entre les variables nationalité (ivoiriens ou non ivoiriens) et la classe d'âge, ou le genre des revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan. En effet, l'ensemble des revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan d'autres nationalités représente les non ivoiriens.

3 RÉSULTATS

3.1 EFFECTIFS DES REVENDEURS, POINTS DE VENTE ET GENRE DES REVENDEURS DE VOLAILLES VIVANTES D'ABIDJAN

Lors de cette étude effectuée dans la ville d'Abidjan, un total de 869 revendeurs de volailles vivantes ont été répertoriés. Ceux-ci sont répartis dans 79 points de vente à l'intérieur ou en dehors des marchés publics des neuf communes de l'étude (Attécoubé, Yopougon, Abobo, Adjamé, Cocody, Treichville, Marcory, Koumassi et Port-Bouët).

Une classification de ces revendeurs de volailles vivantes selon le genre a permis de comptabiliser 859 hommes et 10 femmes, ce qui représente respectivement 98,85% et 1,15%.

3.2 EFFECTIFS ET PROPORTIONS DES REVENDEURS DE VOLAILLES VIVANTES DE LA VILLE D'ABIDJAN PAR CLASSE D'ÂGE

Le tableau 1 présente les effectifs et les proportions des revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan par classe d'âge.

Tableau 1. *Effectifs et proportions des revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan par classe d'âge*

Classes d'âge	Effectifs	Proportions (%)
Jeunes ¹ (18-35 ans)	314	36
Adultes (36-60 ans)	483	56
Séniors ² (61-82 ans)	72	8

¹ (18 ans, âge minimum des revendeurs de volailles vivantes, à 35 ans; en Côte d'Ivoire, sont considérés comme les jeunes, ceux qui ont un âge inférieur ou égal à 35 ans)

² (61 ans à 82 ans, âge maximum des revendeurs de volailles vivantes; en Côte d'Ivoire il est connu que la classe d'âge des séniors c'est à partir de 61 ans)

3.3 EFFECTIFS ET PROPORTIONS DES REVENDEURS DE VOLAILLES VIVANTES DE LA VILLE D'ABIDJAN EN FONCTION DE LEUR NATIONALITÉ

Le tableau 2 présente les effectifs et les proportions des revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan en fonction de leurs nationalités.

Tableau 2. *Effectifs et proportions des revendeurs de volailles vivantes en fonction de leurs nationalités*

Nationalités	Effectifs	Proportions (%)
Ivoiriens	231	26,58
Non ivoiriens ¹	638	73,42
Béninois	1	0,12
Burkinabés	290	33,37
Ghanéens	1	0,12
Guinéens	1	0,12
Maliens	52	5,98
Nigériens	1	0,12
Nigériens	288	33,14
Togolais	4	0,45

¹Non ivoiriens: représente le cumul des autres nationalités

3.4 INDÉPENDANCE ENTRE LA NATIONALITÉ ET LA CLASSE D'ÂGE DES REVENDEURS DE VOLAILLES VIVANTES DE LA VILLE D'ABIDJAN

Le tableau 3 présente l'effectif des revendeurs de volailles vivantes ivoiriens et non ivoiriens par classe d'âge. Quelle que soit la classe d'âge, il apparaît que les non ivoiriens sont plus nombreux que les ivoiriens. Le test d'indépendance effectué a révélé une dépendance entre la nationalité (ivoiriens ou non ivoiriens) et la classe d'âge ($p=0,0008323$).

Tableau 3. *Effectifs des revendeurs de volailles vivantes ivoiriens et non ivoiriens par classe d'âge*

Classes d'âge	Nationalités	
	Ivoiriens	Non ivoiriens ¹
Jeunes² (18-35 ans)	105 ^b	209 ^a
Adultes (36-60 ans)	115 ^b	368 ^a
Séniors³ (61-82 ans)	11 ^b	61 ^a

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs de la même ligne ($p=0,0008$)

¹Non ivoiriens: représente le cumul des autres nationalités

² (18 ans, âge minimum des revendeurs de volailles vivantes, à 35 ans; en Côte d'Ivoire, sont considérés comme les jeunes, ceux qui ont un âge inférieur ou égal à 35 ans)

³ (61 ans à 82 ans, âge maximum des revendeurs de volailles vivantes; en Côte d'Ivoire il est connu que la classe d'âge des séniors c'est à partir de 61 ans)

3.5 INDÉPENDANCE ENTRE LA NATIONALITÉ ET LE GENRE DES REVENDEURS DE VOLAILLES VIVANTES DE LA VILLE D'ABIDJAN

Le tableau 4 présente l'effectif des revendeurs de volailles vivantes ivoiriens et non ivoiriens de la ville d'Abidjan par genre. Les revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan non ivoiriens sont plus nombreux que les ivoiriens. Toutefois, les femmes revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan ivoiriennes sont plus nombreuses que les non ivoiriennes.

Tableau 4. *Effectifs des revendeurs de volailles vivantes ivoiriens et non ivoiriens de la ville d'Abidjan par genre*

Genres	Nationalités	
	Ivoiriens	Non ivoiriens ¹
Femmes	6 ^a	4 ^b
Hommes	225 ^b	634 ^a

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs de la même ligne ($p = 0,04$)

¹Non ivoiriens: représente le cumul des autres nationalités

4 DISCUSSION

Un total de 79 points de vente de volailles vivantes a été enregistré lors de l'étude. Ces résultats sont différents de ceux rapportés par [5] et [6]. En effet, ceux-ci ont respectivement observé 54 et 61 points de vente lors de leurs travaux sur la désinfection et les mesures de bio sécurité dans des marchés de volailles vivantes, effectués à Abidjan. Il y a eu donc une augmentation du nombre de points de vente qui est passé de 54 à 79 de 2007 à 2022.

Le nombre total des hommes revendeurs de volailles vivantes a été de 859 (98,85%) contre seulement 10 femmes (1,15%) au niveau des points de vente de volailles vivantes de la ville d'Abidjan. Ce qui montre que cette activité libérale est pratiquée majoritairement par l'homme à Abidjan. En revanche, ces résultats de l'étude diffèrent de ceux observés par [4]. En effet, ces auteurs rapportent que la vente périodique du poulet de chair à Lubumbashi est pratiquée majoritairement par des femmes (79%). Aussi, [7] rapportent une proportion de femmes (58%) plus élevée dans l'activité de vente de volailles dans les marchés ruraux en Éthiopie. Ainsi, les femmes doivent être incitées à s'intéresser à l'activité libérale de revendeurs de volailles vivantes dans la ville d'Abidjan.

Les revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan ont un âge compris entre 18 et 82 ans. Ces résultats sont différents de ceux rapportés par [4] qui ont observé un âge minimum de 22 ans et un maximum de 67 ans à Lubumbashi. Aussi, [3] quant à lui a obtenu 22 ans et 72 ans comme âge minimum et maximum respectivement à Dakar dans la commercialisation du poulet pays. Toutefois, des classes d'âge ont été constituées dans l'étude: les jeunes (18 à 35 ans), les adultes (36 à 60 ans) et les séniors (61 à 82 ans). Les résultats de l'étude montrent que les revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan sont en majorité des adultes (56%). Ceux-ci sont suivis par les jeunes (36%) puis les séniors (8%). Ce qui montre que des efforts de sensibilisation doivent être effectués auprès des jeunes afin qu'ils s'intéressent à cette activité libérale à Abidjan.

L'étude montre que les revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan sont de diverses nationalités. Ils sont majoritairement burkinabés (33,37%) ou nigériens (33,14%). Ceux-ci sont suivis par les ivoiriens (26,58%) puis les maliens (5,98%), les togolais (0,45%), les béninois, les ghanéens, les guinéens et les nigériens avec 0,12% pour chacune de ces nationalités. Ces résultats de diversité dans cette activité libérale sont en accord avec ceux de [6] réalisés sur les mesures de biosécurité dans les marchés de vente de volailles vivantes dans le District d'Abidjan. Ce qui reflète la diversité des populations vivantes en Côte d'Ivoire comme rapportée par [8] et [9] dans leurs travaux sur les migrations en Côte d'Ivoire.

L'étude montre une dépendance entre la nationalité (ivoirien ou non ivoirien) et les classes d'âge (jeunes, adultes ou seniors) des revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan. En effet, les revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan non ivoiriens sont plus nombreux que les ivoiriens quelle que soit la classe d'âge (jeunes, adultes ou seniors). Ces résultats montrent une faible représentativité des ivoiriens par rapport aux non ivoiriens dans chaque classe d'âge des revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan. Néanmoins, les revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan ivoiriens (26,58%) occupent le 3^{ème} rang après les burkinabés (33,37%) et les nigériens (33,14%) lorsque les non ivoiriens sont dissociés.

L'étude montre une dépendance entre la nationalité (ivoirien ou non ivoiriens) et le genre des revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan. En effet, les hommes revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan, non ivoiriens (634) sont plus nombreux que les ivoiriens (225). Toutefois, les femmes revendeurs de volailles vivantes de la ville d'Abidjan, ivoiriennes sont plus nombreuses que les non ivoiriennes. Ainsi, des efforts de sensibilisation doivent être réalisés pour que les hommes ivoiriens soient majoritaires dans cette activité libérale comme les femmes ivoiriennes.

5 CONCLUSION

L'activité libérale de revendeurs de volailles vivantes dans la ville d'Abidjan est menée majoritairement par des hommes et des non ivoiriens. Ces revendeurs de volailles vivantes sont constitués de différentes classes d'âges: jeunes, adultes et seniors. Ils sont également constitués de diverses autres nationalités. Ainsi, il faudra réaliser d'autres études pour comprendre la faible représentativité des ivoiriens et des femmes dans cette activité libérale de revendeurs de volailles vivantes dans la ville d'Abidjan.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Chef (Koné Hassane) et les autres techniciens (Yao Atto-Kouassi Arsene, Yao Delord Pascal et Yoboue Kouakou Joel) du Service Élevage et Productions Animales de la Direction Régionale d'Abidjan du Ministère ivoirien en charge des Productions Animales, pour leur contribution à la réalisation de cette étude.

Les auteurs remercient également le Directeur Régional (Komara Moussa, PhD, MSc.) pour le financement de cette étude par la Direction Régionale d'Abidjan du Ministère ivoirien en charge des Productions Animales.

REFERENCES

- [1] S. Koné and T. Danho, Revue du secteur avicole - Côte d'Ivoire, FAO - Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 77p, 2008.
- [2] A. F. E. Essoh, Les Importations de viandes de volaille et la filière avicole en Côte d'Ivoire de 1999 à 2003. Thèse de Doctorat Vétérinaire, École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar, Sénégal, 153p, 2006.
- [3] G. Teno, Analyse du système de commercialisation du poulet du pays dans le département de Dakar (Sénégal). Mémoire de Master II, École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar, Sénégal, 45p, 2010.
- [4] M. Kesonga Nsele, K. Swedi, B. K. Mukangala, L. N. Masengo, K. Franco, G. M. Makanda, N. Nkulu and J. N. M. Fyama, «Commercialisation périodique des poulets de chairs dans la ville de Lubumbashi : Acteurs, Provenances, Rentabilité et Contraintes», *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol.17, no. 1, pp. 331-340, 2016.
- [5] V. Kallo, Enquêtes descriptives dans les marchés de volailles vivantes du district d'Abidjan, Rapport final, Direction des Services Vétérinaires - Ministère des Ressources Animales et Halieutiques, Côte d'Ivoire, 21p, 2007.
- [6] E. E. J. Boka, Pratique des mesures de biosécurité dans les marchés de volailles vivantes en Côte d'Ivoire : Cas du district d'Abidjan. Thèse de Doctorat Vétérinaire, École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar, Sénégal, 133p, 2009.
- [7] H. A. Akilu, C. J. M. Almekinders, H. M. J. Udo and A. J. Van der Zijpp, «Village poultry consumption and marketing in relation to gender, religious festivals and market access». *Tropical Animal Health and Production*, vol. 39, pp. 165-177, 2007.
- [8] Y. S. Konan, Migration en Côte d'Ivoire: Profil national 2009, OIM - Organisation Internationale pour les migrations, Suisse, 117p, 2009.
- [9] K. C. Mafou, Le migrant en Côte d'Ivoire: Profil, perception, préférences et degré d'intégration. Friedrich-Ebert-Stiftung, Côte d'Ivoire, 50p, 2021.

Evaluation de la toxicité orale aigüe d'extrait sec d'une boisson traditionnelle à base de plantes « plaie de ventre » vendue dans la commune de Yopougon (Côte d'Ivoire)

[Evaluation of the acute oral toxicity of dry extract of a traditional herbal drink « Plaie de ventre » sold in the commune of Yopougon (Côte d'Ivoire)]

ABOLI Tano-Bla Félicité¹⁻², KPOROU Kouassi Elisée¹⁻², Gbogbo Moussa², N'GUESSAN Jean David³, KOUAKOU Gisèle-Siransy⁴, and Djaman Allico Joseph³⁻⁵

¹Groupe d'excellence de Recherche sur les Produits de la Pharmacopée Traditionnelle (GeRProPhaT), Université Jean Lorougnon Guede, Daloa, Côte d'Ivoire

²Laboratoire d'Agrovalorisation, Département de Biochimie-Microbiologie, Université Jean Lorougnon Guede, Daloa, Côte d'Ivoire

³Laboratoire de Biologie-Santé, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

⁴Laboratoire de Pharmacologie, Faculté des Sciences Pharmaceutiques, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

⁵Département de Biochimie clinique et Fondamentale, Institut Pasteur de Côte d'Ivoire, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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: Plant-based alcoholic mixtures are widely appreciated by the Ivorian population due to their low cost. The aim of this study was to assess the safety of extractible contained in one of these mixtures («Plaie de ventre») sold for its health claims in the commune of Yopougon (Côte d'Ivoire). A consumption survey was carried out on these alcoholic mixtures using a questionnaire. Subsequently, an acute toxicity study was carried out on the consumers' favorite drink by administering the dry extractible from this mixture to three batches of rats at doses of 500, 2500 and 5000 mg/kg bw. Animals were observed for 14 days for clinical signs of intoxication, and hematological and biochemical parameters were assayed.

The results of this study revealed that mixture «Plaie de ventre» was the drink preferred by consumers (53.33%). Moreover, administration of the extractible from this mixture revealed no behavioral changes in the rats, and estimated LD50 was greater than 5000 mg/kg bw. In addition, evaluation of hematological and biochemical parameters revealed a significant increase ($p < 0.05$) in white blood cell count, blood platelet count, and serum ASAT and ALAT levels.

Thus, extractible from mixture «Plaie de ventre» constitute a health risk for consumers.

KEYWORDS: Extractible, mixtures, acute toxicity.

RESUME: Les mixtures alcoolisées à base de plante sont largement prisées par la population ivoirienne en raison de leurs faibles coûts. Cette étude vise à évaluer l'innocuité des extractibles contenus dans l'une de ces mixtures nommée (« plaie de ventre ») vendue pour ses allégations de santé dans la commune de Yopougon (Côte d'Ivoire). Une enquête de consommation a été menée sur ces mixtures alcoolisées à l'aide d'un questionnaire. Par la suite, une étude de toxicité aigüe a été réalisée sur la boisson préférée des consommateurs en administrant les extractibles secs issus de cette mixture à trois lots de rats aux doses de 500, 2500 et 5000 mg/kg pc. Les animaux ont été observés durant 14 jours en vue de noter les signes cliniques d'intoxication, puis les paramètres hématologiques et biochimiques ont été dosés. Les résultats de cette étude ont révélé que la mixture «

Plaie de ventre » a été la boisson préférée par les consommateurs (53,33%). De plus l'administration des extractibles issus de cette mixture n'a révélé aucune modification du comportement des rats, et la DL 50 estimée a été supérieure à 5000 mg/kg pc. Enfin, l'évaluation des paramètres hématologiques et biochimiques ont mis en évidence une augmentation significative ($p < 0,05$) du taux de globules blancs, des plaquettes sanguines, et des taux sériques des ASAT et ALAT.

Ainsi, les extractibles issus de la mixture « Plaie de ventre » constituent un risque pour la santé des consommateurs.

MOTS-CLEFS: Extractibles, mixtures, toxicité aiguë, paramètre biochimique, hématologique.

1 INTRODUCTION

En Afrique de l'Ouest, notamment en Côte-d'Ivoire, l'introduction des boissons fortement alcoolisées remonte à la traite des esclaves et au début de la période coloniale [1]. La consommation de cette boisson était ritualisée et répondait à des coutumes et/ou à des exigences sociales [2]. Ainsi, l'usage du « Koutoukou » s'est depuis pérennisé à l'occasion des cérémonies de cultes aux ancêtres, de funérailles et de mariages [3]. Les populations en consomment souvent abusivement sans se préoccuper de l'impact de cet alcool sur leur santé alors que des travaux disponibles décrivent le risque associé à la consommation de cette boisson traditionnelle. En effet, les auteurs [4], [5] ont indiqué que cette boisson traditionnelle perturbait la pression artérielle, la mémoire, et occasionnait des lésions hépatiques irréversibles chez les consommateurs.

Au-delà de ce risque déjà existant et pas encore maîtrisé, de nombreuses préparations alcooliques à partir de cet alcool traditionnel utilisant plusieurs organes végétaux sont réalisées, et vendues dans des bistrot traditionnels dans différentes villes de la Côte d'Ivoire. A tort ou à raison, plusieurs propriétés thérapeutiques sont attribuées à ces mixtures. La popularité de ces préparations communément appelées « Racines » a même inspiré une grande brasserie de la place qui en a fait une marque commerciale tout en n'utilisant pas les mêmes ingrédients traditionnels [6]. S'il est vrai que les plantes sont utilisées pour leurs nombreux bienfaits pour la santé, il est aussi sûr que si leur utilisation et association ne sont pas maîtrisées, celles-ci peuvent conduire à l'altération de certaines fonctions vitales avec les effets d'hépatotoxicité, de néphrotoxicité, d'hématotoxicité et de cardiotoxicité [7], [8].

Malheureusement, au niveau des bistrot traditionnels, les associations d'organes végétaux à cet alcool traditionnel ne se fondent sur aucune donnée scientifique, ce qui augmente doublement le risque d'intoxication lié à la consommation de ces mixtures. Dans la littérature, plusieurs auteurs ont déjà documenté les effets liés à la consommation du « Koutoukou » sur la santé humaine.

En effet, des travaux en expérimentation animale ont décrit que cette boisson pourrait conduire à une diminution du taux de globules rouges et des lymphocytes ce qui pourrait entraîner une anémie et un affaiblissement du système immunitaire [9]. En revanche, peu de données toxicologiques sont disponibles sur les associations de plantes qui entrent dans la composition des breuvages commercialisés dans les bistrot traditionnels.

Dans la perspective de fournir des données de sécurité sur ces mixtures alcooliques, l'on pourrait aisément s'interroger sur les potentiels risques toxicologiques liés à la consommation des extractibles issus de ces breuvages alcooliques. A cet effet, un bistrot traditionnel largement fréquenté par les riverains dans le quartier « Magasin carrefour canal » dans la commune de Yopougon (Côte d'Ivoire) a été ciblé pour initier une série d'études sur le sujet relatif aux extractibles contenus dans les breuvages qui y sont vendus. Le choix de cette commune se justifie non seulement par sa grandeur et sa population élevée [10], mais également par la diversité des communautés qui y vivent et par le fait qu'il se situe dans un quartier populaire où les maquis et les bistrot rivalisent en grandeur et en qualité de boisson.

Cette étude vise à identifier et à évaluer l'innocuité des extractibles de la boisson la plus fréquemment sollicitée pour des allégations de santé par les consommateurs dans ce bistrot traditionnel de quartier. Pour ce faire, une enquête a été conduite au sein du bistrot à la fois auprès du gérant et des consommateurs. Par la suite un échantillonnage des boissons s'y trouvant a été réalisé, et enfin les extractibles issus de la boisson la plus prisée ont été administrés en expérimentation animale à des rats après avoir réalisé une caractérisation phytochimique.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL

2.1.1 BOISSON A BASE DE PLANTES « PLAIE DE VENTRE »

Cette boisson a été obtenue auprès d'un tenancier de bistrot traditionnel dans la commune de Yopougon (Abidjan). Elle était composée d'un alcool traditionnel « le Koutoukou » et d'organes de plantes (écorces et graines). Ces plantes entrant dans la composition de la boisson traditionnelle ont été identifiées au Centre National Floristique de l'Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire).

2.1.2 MATERIEL ANIMAL

Des rats femelles de l'espèce *Rattus norvegicus* de souche Wistar âgés de huit (08) semaines, pesant en moyenne 115 g ont été utilisés pour l'expérimentation. Les rats ont été fournis par l'animalerie du Laboratoire de Pharmacologie de l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de l'Université Félix Houphouët Boigny.

2.2 METHODES

2.2.1 SITE DE L'ENQUETE

L'enquête a eu lieu dans un "bistrot traditionnel" ou "cabaret"; lieu de vente des boissons traditionnelles alcoolisées communément appelées "Racines". Elle s'est déroulée du 15 janvier 2021 au 30 mars 2021 dans un bistrot du quartier «Magasin carrefour canal» dans la commune de Yopougon. (Côte d'Ivoire). Elle a été réalisée à l'aide de deux fiches d'enquêtes, une pour le vendeur et l'autre pour les consommateurs. L'enquête a consisté à recueillir des informations sur les noms des différentes mixtures alcoolisées, les noms des plantes et les organes qui y sont macérés, la méthode de préparation, le motif de consommation, la préférence du consommateur. Par la suite, la mixture préférée par les consommateurs a fait l'objet d'une étude de son innocuité. Les pourcentages de préférences des différentes mixtures ont été calculés selon la formule suivante:

$$\text{pourcentage de préférence} = \frac{\text{effectif de la préférence}}{\text{Individus total enquêté dans le "bistrot" retenu}} \times 100$$

2.2.2 PREPARATION DE L'EXTRAIT SEC DE LA BOISSON ALCOOLISEE TRADITIONNELLE

Le «koutoukou» utilisé pour la préparation de la mixture étudiée est celui fait à base de vin de palme et titré à 45° (degré d'Ethanol). Selon les consignes du tenancier du bistrot, les organes végétaux entrant dans la composition de la boisson traditionnelle alcoolisée ont été récoltés, lavés puis séchés à l'abri du soleil pendant une semaine. A l'issue du séchage, les organes ont été mélangés, broyés puis tamisés afin d'obtenir une poudre. La proportion des différents organes utilisés pour le broyage a été tenue secrète par le tenancier. La boisson alcoolisée traditionnelle est obtenue en macérant 168,2 grammes de la poudre végétale dans 20 litres de «koutoukou» pendant une semaine. Le macéré obtenu a été filtré sur un carré de tissu puis concentré sous pression réduite à 40°C à l'aide d'un évaporateur rotatif de type G3 Heidolph. Par la suite, l'extrait a été séché à l'étuve de type Memmert à 50°C pour obtenir les extractibles secs de la mixture alcoolisée puis conservés dans un bocal pour les expérimentations.

2.2.3 CARACTERISATION PHYTOCHIMIQUE

La caractérisation phytochimique a été réalisée sur les extractibles à l'aide de tests de coloration et de précipitation [11] tels que mentionnés dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1. Tests de caractérisation phytochimique

Groupes chimiques	Réactifs	Réactions caractéristiques
Alcaloïdes	Dragendorff Mayer	Précipité ou coloration orangée Précipité blanc laiteux
Polyphénols	Chlorure-ferrique (FeCl ₃)	Coloration bleue noirâtre
Flavonoïdes	Cyanidine	Précipitation rose-orangée
Stérols et les polyterpènes	Liebermann-Buchard	Anneau pourpre ou violet virant au bleu puis au vert
Tanins	Stiasny	précipité en gros flocons
Tanins galliques	Stiasny	coloration bleu-noir intense
Tanins catéchiques	Stiasny	précipitation en gros flocons
Substances quinoniques	Bornstraeger	Coloration rouge ou violet
Saponosides	Agitation	Mousse persistante d'une hauteur de 10 mm

2.2.4 METHODE D'EVALUATION DE LA TOXICITE AIGUË

L'étude de la toxicité aiguë a été réalisée à partir de l'essai limite de la ligne directrice 423 de l'OCDE. Cette étude a consisté à administrer l'extrait à tester par voie orale, à une dose unique aux lots essais et de l'eau distillée au lot témoin [12]. Toutes les procédures et techniques en expérimentation animale ont été réalisées conformément aux lignes directrices de l'Institut national de la santé pour les soins et utilisation des animaux de laboratoire [13].

2.2.4.1 CONDITIONNEMENT DES ANIMAUX

Tous les animaux ont subi deux semaines d'acclimations et ont été soumis à une température de 25 ± 2 °C et à une alternance de 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité avec accès libre à l'eau et à la nourriture. La litière est renouvelée chaque trois (3) jours [14]). Le régime alimentaire était constitué de granulés IVOGRAIN® et les rats ont eu à disposition de l'eau de robinet sans discontinuité dans les biberons [13].

2.2.4.2 PRÉPARATION ET ADMINISTRATION DES DOSES

L'espèce *Rattus Norvegicus* de souche wistar (rat) a été le modèle expérimental pour cette étude. Conformément, aux lignes directrices OCDE 423, les femelles ont été choisies pour des raisons de grande sensibilité en test de toxicité orale [12]. Les extractibles secs ont été administrés en fonction du poids corporel des rats à raison de 1 mL/100 g poids corporel (pc) pour un rat.

Au total, 12 rats femelles répartis en quatre (4) lots de trois (3) animaux, dont trois (3) lots essais (Lot 2 à 4) et un (1) lot témoin (lot 1). Trois concentrations des extractibles à savoir 500, 2500 et 5000 mg/kg pc ont été testées sur les lots 2, 3, et 4 respectivement alors que le lot 1 a reçu que de l'eau distillée. A la veille de l'expérimentation, les animaux ont été mis à jeun de nourriture avec un accès libre à l'eau. Ils ont été pesés, puis la substance d'essai a été administrée par gavage (voie intra-œsophagienne) à raison de 1mL/ 100 g pc. Au premier jour de traitement, les différents lots ont été observés aux intervalles de temps suivants: 10 min -30 min -60 min et 120 min, 4h et à 6h. Par la suite, l'observation des animaux s'est poursuivie quotidiennement sur une durée de 14 jours avec un accès libre à l'eau et à la nourriture.

Pendant la période d'observation, les signes de toxicité notamment la modification du pelage, les tremblements, les convulsions, la salivation, la diarrhée, la léthargie, le refus de nourriture, le sommeil et le coma, ainsi que les décès ont été notés. A la fin de cette période, les rats ont été anesthésiés, des échantillons sanguins ont été prélevés au niveau de la queue à l'aide des tubes EDTA et des tubes secs en vue de réaliser le dosage des paramètres hématologiques (Globules blancs (GB), Globules rouges (GR), Plaquettes sanguines (PLQ) et Hémoglobine (Hb)), et des marqueurs biochimiques (hépatiques (Transaminases ALAT et ASAT), rénaux (Créatinine et Urée) et lipidiques (cholestérol total et triglycérides, HDL) et la glycémie. Cette évaluation a été réalisée à l'aide d'automates d'analyse biochimique (Rayto RT-9200) et hématologique (URIT-3000 Plus).

2.2.5 ANALYSE STATISTIQUES

Le logiciel GraphPad Prism Version 7.00 a été utilisé pour l'analyse statistique des données et la représentation graphique. Les données ont été analysées avec ANOVA un facteur. La comparaison des moyennes des différentes concentrations des extractibles avec le lot témoin a été effectuée par le test de Tukey's. Les résultats sont présentés sous forme de moyenne $\pm$ erreur standard. La différence entre deux moyennes est considérée comme significative si $p < 0,05$ (*), très significative si $p < 0,01$ (**) hautement significative si $p < 0,001$ (***) et Non Significative si $p > 0,05$ (NS).

3 RESULTATS

3.1 PROFILS SOCIODEMOGRAPHIQUES DES PERSONNES ENQUETÉES

Au total 150 personnes ont été enquêtées à savoir 134 hommes et 16 femmes dont l'âge était compris entre 18 et 60 ans. Les personnes enquêtées étaient majoritairement de nationalité ivoirienne, d'ethnies diverses et résidaient dans le quartier ("Magasin carrefour canal"). Parmi les enquêtés, 70% des personnes avaient un niveau d'instruction secondaire et 60 % étaient en union libre.

3.2 MIXTURES ALCOOLISÉES A BASE DE PLANTES

Les données recueillies auprès du tenancier du bistrot ont révélé que l'alcool traditionnel «Koutoukou» utilisé pour la préparation de ses mixtures provenait des producteurs du village d'Erimakoudjé dans le département d'Abgoville (Côte d'Ivoire). Par contre, celui-ci se procurait les plantes entrant dans la composition des préparations alcooliques sur les différents marchés de la commune de Yopougon (Côte d'Ivoire). En outre, les différentes plantes ont pu être identifiées ainsi que les différentes méthodes de préparation des mixtures. Les différentes propositions de mixtures étaient issues de macération d'organes végétaux dans l'alcool traditionnel « Koutoukou » pendant une période d'une heure à une semaine selon le breuvage alcoolique. Dans ce bistrot, au total 14 espèces végétales réparties dans 10 familles botaniques sont utilisées dans la préparation des mixtures alcooliques. Les familles botaniques les plus citées sont les Annonaceae (30%), Apocynaceae (20%), Meliaceae (20%) et Zingiberaceae (20%) (Tableau 2).

Auprès des consommateurs, cette étude a permis d'identifier les motifs de consommation des boissons alcoolisées à base de plantes et les préférences de ceux-ci. Il y ressort que les consommateurs préfèrent ces boissons pour leur coût relativement abordable, pour leurs bienfaits sur la santé, pour leur effet aphrodisiaque et pour la consolidation des liens amicaux entre habitants du quartier. Cette enquête a révélé que les consommateurs ont une forte préférence pour la mixture dénommée « Plaie de ventre » avec un pourcentage de préférence de 53,33%. Les enquêtés ont attribué à cette mixture plusieurs bienfaits sur leur santé à savoir: lutte contre les brûlures d'estomac, les douleurs abdominales, les bourdonnements de ventre, les Constipations et les hémorroïdes.

Au regard du fort taux d'intérêt des consommateurs pour la mixture alcoolique « Plaie de ventre », cette mixture a fait l'objet d'une étude de toxicité aigüe par voie orale.

Tableau 2. Données relatives à l'enquête de consommation

Noms commerciaux locaux des mixtures	Organes	Noms vernaculaires/communs des plantes	Noms scientifiques	Familles botaniques	Effectifs	Préférences (%)	Raisons de la consommation
Petit cola	Graines	Petit cola	<i>Garcinia Kola</i>	Clusiaceae	4	2,66	Fatigue, Faiblesse sexuelle
4 H	Tiges	Sia Geui: Guéré Anvouin: Baoulé	<i>Picralima nitida</i> <i>Uvaria afzelii</i>	Apocynaceae Annonaceae	37	24,66	Faiblesse sexuelle
Kplélé	Tiges	Kplélé: Baoulé	<i>Turraea heterophylla</i>	Meliaceae	6	4	Aphrodisiaque, Faiblesse sexuelle
Jaune amer	Ecorces	Jaune amer	<i>Nauclea Latifolia</i>	Rubiaceae	10	6,66	Paludisme
Rouge amer/Plaie de ventre	Ecorces Graines Graines Ecorces Graines Graines	Djéka: Baoulé, Poivre noir, Poivre Africain, Djala: Malinké, poivre Anango, Poivre long,	<i>Alchornea cordifolia</i> <i>Piper guineense</i> <i>Aframomum melegueta</i> <i>Khaya senegalensis</i> , <i>Monodora myristica</i> <i>Xylopia aethiopica</i> -	Euphorbiaceae Piperaceae Zingiberaceae Meliaceae Annonaceae Annonaceae	80	53,33	Brûlures d'estomac, Douleurs abdominales, Bourdonnements de Ventre, Constipation, Hémorroïdes
Pôtorpôtor	Graines Rhizome Graines	Piment, Gingembre Poivre africain	<i>Capsicum pubescens</i> <i>Zingiber officinale</i> <i>Aframomum melegueta</i>	Solanaceae Zingiberaceae Zingiberaceae	4	2,66	Lutte contre la constipation
Déchiré caleçon	Ecorces	Tchédjé: Agni	<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i>	Rutaceae	5	3,33	Stimule le plaisir sexuel
Sia GEUI	Tiges	Sia Geui: Guéré	<i>Picralima nitida</i>	Apocynaceae	4	2,66	Faiblesse sexuelle

3.3 ANALYSE DE LA CARACTERISATION PHYTOCHIMIQUE

L'analyse de la composition phytochimique a révélé la présence de Polyphénols, Flavonoïdes de Stérols, de Saponosides et de Terpènes (Tableau 3).

Tableau 3. Composés phytochimiques

Composés chimiques	Réaction
Polyphénols	+
Flavonoïdes	+
Tanins Galliques	-
Tanins Catéchiques	-
Quinones	-
Alcaloïdes Draggendorff	-
Alcaloïdes Mayer	-
Stérols + Terpènes	+
Saponosides	+

-: Absence du composé

+: Présence du composé

3.4 TOXICITE ORALE AIGÛE

3.4.1 SIGNES CLINIQUES

Après 14 jours d'observation, tous les animaux traités par les extractibles de la mixture alcoolique « Plaie de ventre » ont survécu aux différentes doses administrées. Aucun signe clinique d'intoxication tel que la détresse respiratoire, la léthargie, le sommeil, le refus de nourriture, le tremblement et la morbidité n'a été observé chez les animaux traités. En outre, durant la période d'expérimentation; les selles, les urines, la pilosité, la peau, les yeux, les oreilles et la bouche des rats n'ont connu aucune modification.

3.4.2 EFFET DES EXTRACTIBLES SUR LE GAIN DE POIDS DES RATS

Les données relatives à l'évolution du poids des animaux durant la période d'expérimentation sont consignées dans la Figure 1. Sur ce graphique, aucune modification significative de ce paramètre n'a été observée

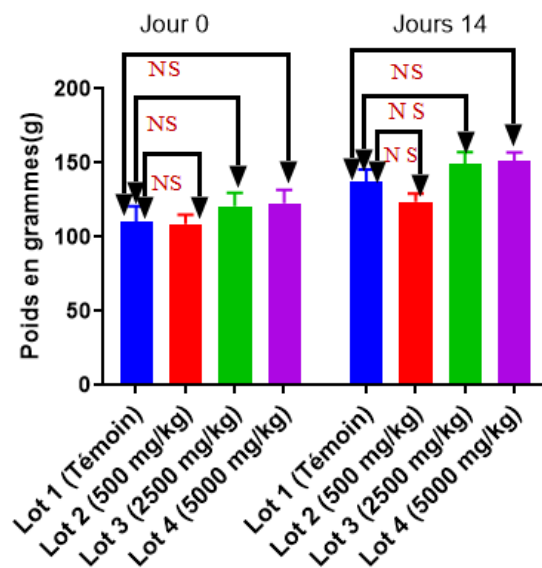


Fig.1. Evolution du poids des rats traités par rapport au témoin

NS: Non Significant

3.4.3 EFFET DES EXTRACTIBLES SUR LA VARIATION DES PARAMETRES HEMATOLOGIQUES

Une augmentation significative du nombre de globules blancs et de plaquettes sanguines a été observée aux doses de 2500 et 5000 mg/kg pc (Figure 2 et 3). Les graphiques 4 et 5 traduisent la variation du nombre de globules rouges et de la concentration en hémoglobine. Sur ces graphiques, comparativement aux témoins aucune modification significative de ces paramètres n'a été observée.

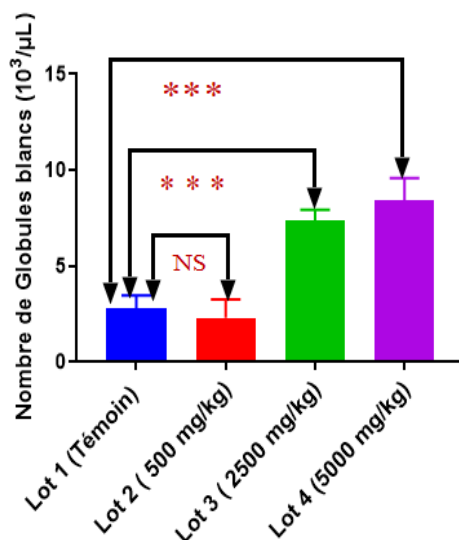


Fig. 2. Effet de l'administration des extractibles sur le nombre de globules blancs

- NS: Non Significant

- ***: Hautement significative

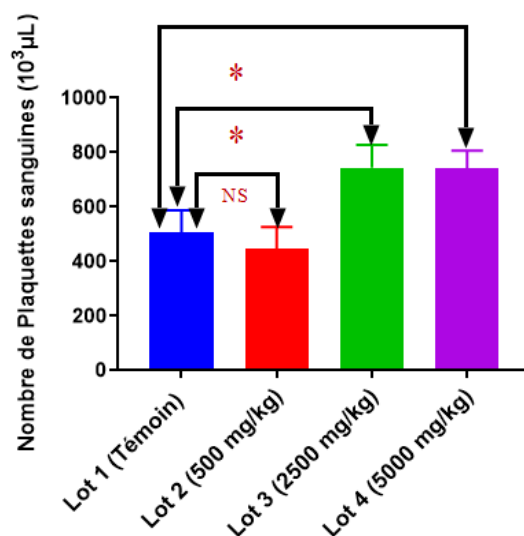


Fig. 3. Effet de l'administration des extractibles sur le nombre de plaquettes sanguines

- NS: Non Significant
- *: Significant

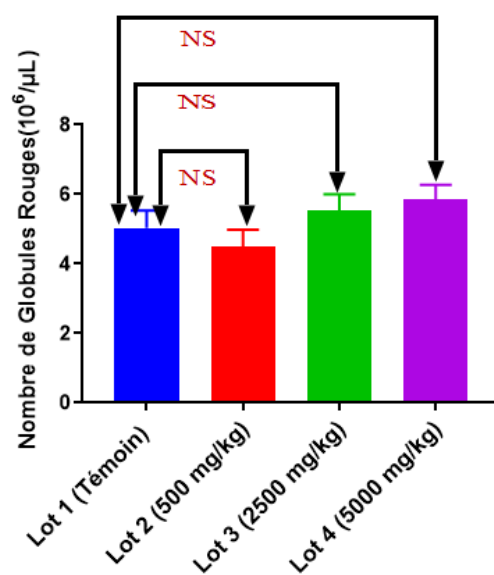


Fig. 4. Effet de l'administration des extractibles sur le nombre de globules rouges

- NS: Non Significant

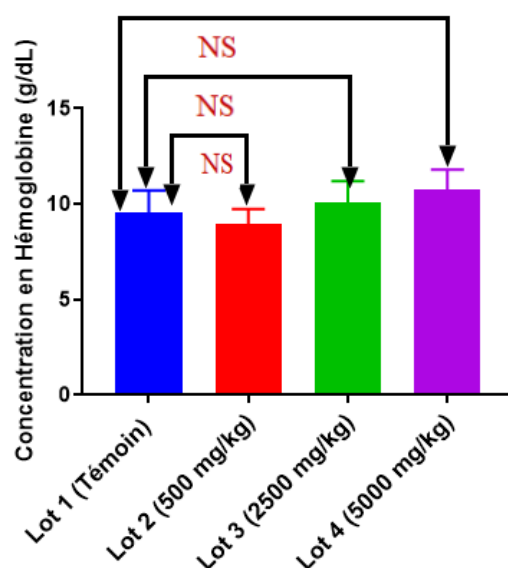


Fig. 5. Effet de l'administration des extractibles sur la concentration en hémoglobine

- NS: Non Significant

3.4.4 EFFETS DES EXTRACTIBLES SUR LA VARIATION DES PARAMETRES BIOCHIMIQUES

Les données relatives à la variation des paramètres biochimiques sont contenues dans le Tableau 4. Des différences significatives ont été détectées entre les différents groupes et le témoin pour les paramètres ASAT, ALAT, les Triglycérides et la Glycémie alors qu'aucune différence n'a été observée pour les paramètres rénaux (Créatinémie et Urée), le Cholestérol total et le Cholestérol HDL.

Tableau 4. Paramètres biochimiques

Paramètres Doses mg/kg	ASAT (UI)	ALAT (UI)	UREE (g/l)	CREATININE (mg/l)	CHOLESTEROL TOTAL (g/l)	CHOLESTEROL HDL (g/l)	TRIGLY-CERIDE (g/l)	GLYCEMIE (g/l)
Lot 1 (Témoin)	209,2 ± 8,09	55,87 ± 2,41	0,15± 0,00	5,83± 0,29	0,75 ± 0,02	0,27±0,01	0,65± 0,02	0,67± 0,02
Lot 2 (500 mg/kg)	252,3 ± 7,86*	64,3 ± 3,001	0,14± 0,01	5,57 ± 0,27	0,77±0,03	0,28 ± 0,01	0,54 ± 0,22	1,07 ± 0,02**
Lot 3 (2500 mg/kg)	253,1 ± 7,96*	64,7 ± 3,32	0,15 ± 0,01	6,07 ± 0,34	0,78 ± 0,02	0,24 ± 0,01	0,53± 0,02*	0,91 ± 0,05*
Lot 4 (5000 mg/kg)	290,1± 8,08***	80,03 ± 4,42**	0,15 ± 0,01	6,03 ± 0,39	0,78 ± 0,03	0,23 ± 0,01	0,51± 0,03*	0,91± 0,05*

*: Différence significative, **: Différence très significative ***: Différence hautement significative. ASAT (Aspartate Aminotransférase), ALAT (Alanine Aminotransférase), HDL (high density lipoproteins) Les résultats sont exprimés en moyenne ± Déviation standard, (n=3).

4 DISCUSSION

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'innocuité des extractibles issus de la mixture « Plaie de Ventre », la plus sollicitée par les consommateurs dans un bistrot de la commune de Yopougon. Le choix du "bistrot" dans ce quartier a été guidé par la présence quotidienne de consommateurs et l'ambiance conviviale qui s'y trouvait. Les résultats de l'enquête de consommation ont révélé que les hommes fréquentaient plus les bistrots traditionnels que les femmes. En effet, la fréquentation masculine a été évaluée à 89,33 % alors que celle des femmes était de 10,66 %. Ces résultats sont similaires à ceux de l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM) qui a montré à travers une enquête sur l'alcool en France que les hommes consommaient plus des boissons alcooliques que les femmes [15].

Parmi les boissons alcoolisées disponibles dans ce bistrot, la mixture la plus sollicitée a été celle appelée « Plaie de Ventre » avec un pourcentage de 53,33 %. La préférence pour cette mixture pourrait s'expliquer par la composition de celle-ci et aussi par les supposés bienfaits que pourraient procurer cette boisson sur la santé des consommateurs. En effet, cette boisson traditionnelle alcoolisée est faite à base de six (6) plantes connues pour être des plantes médicinales dont: *Alchornea cordifolia* (Schumach. & Thonn.), *Khaya senegalensis* (Desv.) A.Juss, *Aframomum melegueta* (Roscoe) K. Schum, *Monodora myristica* (Gaertn.) Dunal, *Piper guineense* Schumach. & Thonn., *Xylopia aethiopica* (Dunal) A. Rich.

Selon des études ethnobotaniques réalisées chez les Agni-Ndenye (Yakassé Feyassé) et les Agni Sanwi (Aboisso) en Côte d'Ivoire, ces plantes sont largement utilisées dans la confection de mixtures alcoolisées appelées « bitters ». Les auteurs [16], [17] ont dans des travaux antérieurs indiqué que les plantes *Aframomum melegueta*, *Xylopia aethiopica* et *Piper guineense* étaient utilisées en médecine traditionnelle comme des adjuvants pour certaines préparations médicamenteuses alors que *Alchornea cordifolia* et *Khaya senegalensis* étaient considérées comme les actifs de ces préparations. Ces dernières plantes étaient régulièrement citées dans le traitement de diverses pathologies telles que les brûlures d'estomac, les hémorroïdes, le paludisme, la faiblesse sexuelle [18]. La présence de ces six plantes dans la mixture « Plaie de Ventre » pourrait expliquer les bienfaits sur la santé auxquels font allusion les consommateurs.

La caractérisation phytochimique a révélé la présence de polyphénols, de flavonoïdes, de saponosides, de stérols et de terpènes dans la mixture alcoolisée « Plaie de Ventre ». Contrairement à ces résultats les auteurs [19], [20], [21] ont révélé la présence d'alcaloïdes et de tanins dans les extraits aqueux de *Alchornea cordifolia*, *Khaya senegalensis*, *Aframomum melegueta* et *Piper guineense*. La différence de solvant utilisé, les facteurs climatiques et édaphiques pourraient en partie expliquer ce constat. Les polyphénols, les flavonoïdes, et stérols sont connus pour être des anti-inflammatoires et des analgésiques naturels [22], [23]. En outre, ces phytoconstituants sont des antioxydants naturels qui pourraient neutraliser les radicaux libres au niveau de l'organisme, et contre balancer le processus de stress oxydatif à l'origine du vieillissement des cellules avec risques associés de survenue de cancer et des maladies dégénératives [24]. Quant aux terpènes, ils sont réputés pour être des antibiotiques et anticancéreux [25], [26], [27]. La présence de ces composés dans la mixture « Plaie de ventre » contribuerait à expliquer les propriétés biologiques qui lui sont accordées par les consommateurs.

L'absence de signes cliniques d'intoxication suggère que la DL50 serait supérieure à 5000 mg/kg pc. Conformément aux lignes directrices de l'OCDE 425, les extractibles de la boisson « Plaie de ventre » pourraient être classés dans la catégorie 5, et considérés comme non toxiques en administration orale [28]. Ces résultats sont similaires à ceux de Ahounou [29]. En effet, cet auteur a également montré que l'administration aux doses de 1000 et 3000 mg/kg pc d'une polyherbe composée de *Aframomum melegueta* et *Citrus aurantifolia* n'induisait pas de signes d'intoxication chez les animaux traités.

Le suivi du poids corporel des rats traités n'a pas indiqué une modification du gain pondéral des animaux aux doses administrées par rapport au témoin. Ces données suggèrent que l'extractible de la mixture n'affecterait pas l'appétit des animaux. Cette observation est différente de celle faite par la référence [30]. Ceux-ci ont montré que l'administration d'extraits du mélange *Aframomum melegueta* et de *Khaya senegalensis* induisait une perte de poids chez les animaux traités. La différence observée serait liée à la présence d'autres espèces végétales dans la mixture « plaie de ventre » qui exerceraient probablement un effet antagoniste à celui des deux espèces précitées.

Concernant l'effet des extractibles sur les paramètres hématologiques, aucune modification du taux d'hémoglobine et du nombre de globules rouges n'a été observée chez les rats traités. Ce résultat pourrait suggérer que ces extractibles n'induisaient pas d'anémie.

Cependant, une augmentation du nombre de globules blancs et de plaquettes sanguines des rats traités aux doses de 2500 et 5000 mg/kg pc ont été observés dans cette étude. Des études de toxicité de la référence [30] avec des extraits hydroéthanolique de deux des plantes entrant dans la composition de la mixture alcoolisée (*Khaya senegalensis* et *Aframomum melegueta*) ont également montré la même tendance sur les paramètres hématologiques. L'augmentation observée pour certains éléments sanguins pourrait s'expliquer par la présence probable dans les extractibles de cette boisson traditionnelle de substances bioactives capables d'amplifier la réponse immunitaire [31], [32], [33]. En effet, certains phytocomposés comme les composés phénoliques et les flavonoïdes sont connus pour avoir une action immunomodulatrice comme l'ont signalé [34]. De tels composés participeraient à maintenir le système immunitaire en éveil en cas d'agression par des corps étrangers [35], [36].

Les marqueurs biochimiques associés à la fonction rénale (Urée et créatinine) n'ont connu aucune modification significative. L'absence de variation des taux de ces marqueurs indiquerait que la consommation de cette mixture à la concentration maximale de 5 000 mg/kg pc ne perturberait pas le fonctionnement rénal [37]. Cependant, des travaux antérieurs conduits par les auteurs [38] sur la seule espèce de *Alchornea cordifolia* aux doses de 800 et 1600 mg/kg pc avaient montré des dommages

rénaux avec une augmentation des concentrations sériques de l'urée et de la créatinine. Les résultats observés avec la mixture « plaie de ventre » pourraient s'expliquer par un effet de contrebalance dû à la présence d'autres espèces végétales. En effet, plusieurs auteurs ont rapporté que les associations de diverses plantes dans une préparation traditionnelle pourraient générer des effets antagonistes, synergiques ou potentialisant par rapport à l'action initiale d'une espèce donnée.

En ce qui concerne les paramètres lipidiques, une baisse du taux sérique de triglycéride a été observée. Cette diminution limiterait le risque d'apparition des maladies coronaires chez les consommateurs de cette mixture [39]. En outre, des modifications significatives n'ont pas été observées au niveau des taux sériques de cholestérol total et de cholestérol HDL. Ce résultat renforce l'idée selon laquelle la consommation de la mixture « Plaie de ventre » n'exposerait pas à des risques cardiovasculaires. Cependant, des travaux antérieurs ont démontré que des mélanges de diverses espèces végétales pourraient constituer un véritable risque de santé pour les consommateurs. Cette observation a été décrite par la référence [21] à la suite de l'administration à des rats femelles d'un mélange d'espèces végétales composé de *Aframomum Melegueta*, *Mondia Whitei*, *Piper Guineense*, et *Zingiber Officinale*. L'auteur a révélé une augmentation significative du taux sérique de Cholestérol total.

Dans cette étude, la glycémie des rats traités a été significativement différente de celle du lot témoin. Elle a été supérieure à celle des témoins quel que soit la dose administrée. La mixture « plaie de ventre » agirait ainsi sur le métabolisme glucidique en interférant sur les voies métaboliques de production de l'insuline. La consommation à long terme d'une telle mixture exposerait les individus à une hyperglycémie pouvant déboucher sur des formes compliquées de Diabète [40], [41], [42].

Les concentrations des transaminases (ALAT et ASAT) chez les rats traités ont augmenté selon une relation dose-effet dépendante. Cette augmentation des quantités des marqueurs hépatiques traduirait une altération des cellules hépatiques des rats traités par les extraits secs de la mixture « Plaie de ventre ». En effet, les auteurs [43], [44] ont démontré que la forte présence des enzymes ASAT et ALAT dans le liquide plasmatique est un indicateur d'une nécrose cellulaire d'origine hépatique. Selon cette approche, les extractibles administrés auraient augmenté la perméabilité membranaire des hépatocytes en entraînant l'écoulement de ces enzymes dans la circulation sanguine [45]. Ces extractibles seraient alors potentiellement toxiques pour le foie, et les consommateurs seraient exposés à une hépatotoxicité avec des conséquences dommageables sur leur santé. De tels résultats traduisant l'effet hépatotoxique de certains extraits végétaux ont été également montrés par des travaux antérieurs [38]. En effet, ces auteurs ont rapporté que l'utilisation d'extraits méthanoliques de *Alchornea cordifolia* aux doses de 800 et 1600 mg/kg pc entraînaient une augmentation des taux sanguins de ASAT et ALAT.

Dans le cadre de ces travaux, le risque potentiel lié aux extraits secs issus de la boisson alcoolisée pourrait être exacerbé par celui de la boisson traditionnelle « Koutoukou » en cas de consommation du mélange. En effet, les travaux antérieurs [9], [46] ont déjà montré que le « Koutoukou » consommé isolément est un véritable risque pour la santé du consommateur à cause de son impact sur les globules rouges, sur le système immunitaire et sur le foie (cirrhose). De ce qui précède, il ressort que la consommation de la boisson « Plaie de ventre » telle que composée par le tenancier du bistrot est un facteur potentiel de dégradation de la santé des consommateurs.

5 CONCLUSION

Ce travail a été entrepris dans le but de déterminer le risque toxicologique lié à la consommation des extractibles issus de la mixture alcoolisée la plus consommée dans un bistrot du quartier « Magasin carrefour canal » de la commune de Yopougon. Les résultats ont révélé que parmi les mixtures commercialisées dans ce bistrot, la mixture « Plaie de ventre » est la plus sollicitée par les riverains avec un taux de 53,33 %. De plus, la mixture est composée de six plantes couramment utilisées en médecine traditionnelle pour le traitement de douleurs abdominales, des ulcères et des hémorroïdes. Cette mixture contenait des polyphénols, des flavonoides, des stérols, des saponosides et des terpènes comme phytoconstituants. L'étude toxicologique a montré qu'aux doses administrées, cette mixture alcoolisée présentait un fort risque d'hépatotoxicité chez les animaux traités avec une augmentation des taux sériques des ASAT et ALAT. En outre, une élévation de la glycémie a été observée au cours de cette expérimentation animale. Ces données traduisent le risque potentiel sur la santé auquel seraient exposés les consommateurs de cette boisson alcoolisée dans ce quartier.

Au regard de ces résultats préliminaires de toxicité orale aiguë, des études ultérieures seront conduites en toxicité subaiguë sur cette mixture alcoolisée afin d'approfondir les effets toxicologiques sur certains organes vitaux. Les résultats de ces travaux seront vulgarisés auprès des propriétaires des bistrots et des populations sur les risques associés à la consommation des mixtures alcoolisées à base de plusieurs plantes. En outre, des recommandations pourront être faites aux décideurs politiques afin d'assurer une réglementation de ce secteur d'activités économiques et garantir la sécurité alimentaire des consommateurs.

CONFLIT D'INTÉRÊTS

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflit d'intérêts.

REFERENCES

- [1] J. F. Hamon, P. A. K. Camara, F. J-B. Adou and K. M. Yao, « Goûts et habitude en matière de consommation d'alcool dans le sud et le centre-nord de la Côte d'Ivoire: enquête sur 3428 sujets », *Afrique Biomédicale*, vol. 3, no. 7, pp. 19-26, 2002.
- [2] C. Haxaire, « La danse «soulard» chez les Gouro de Zuénoula (RCI) ». Campagne drogue, état de dépendance, Séminaire, Luxembourg, (3-4 Octobre), 1989.
- [3] A. C. Pekani, M. Y. Koffi, F. A. Kobenan and F. B. Niangoran, Approche épidémiologique de la consommation des boissons alcooliques en côte d'ivoire: Laboratoire de neurosciences, UFR Biosciences, Université de Cocody, *Revue Ivoirienne des Science et Technologie*, no. 12, pp. 157-171, 2008.
- [4] E. Diboh, Effet d'une alcoolisation aigüe au koutoukou sur l'attention et la mémoire des jeunes scolarisés de la ville d'Abidjan (côte d'ivoire), Thèse, Université Félix Houphouët Boigny, (Cote d'ivoire), 393 p, 2014.
- [5] G. V. Yao, M. A. Dalmeida, A. B. Effi, K. E. Koffi, M. Tre-Yavo, B. Doukoure, E. Troh, A. A. N'guessan, D. K. Koffi and S. Kati-coulibaly, Étude microscopique et biochimique des lésions hépatiques du rat adulte albinos, *Rattus Norvegicus*, induite par l'alcoolisation au « koutoukou », *Revue africaine de pathologie*, vol. 2, no. 9, pp. 21-29, 2010.
- [6] Anonyme, Solibra lance son cocktail alcoolisé « booster racines», 2021. [Online] Available <https://www.solibra.ci>, (12 Février 2023).
- [7] F. Stickel, E. Patsenker and D. Schuppan, Herbal hepatotoxicity, *Journal of Hepatology*, vol. 5, no. 43, pp. 901-910, 2005.
- [8] C. Owens, R. Baergen and D. Puckett, Online Sources of Herbal Product Information, *American Journal Medicine*, vol. 2, no. 127, pp. 109-115, 2014.
- [9] K. K. Gérard, K. K. Léandre, N. O. Jean-Baptiste, D. M. François and A. Y. Paul, Acute toxicity and effect of subacute administration of «4 heures du matin» bitters on anthropometric and hematological parameters in Wistar rats, *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, vol. 02, no. 19, pp. 121-130, 2022.
- [10] RPH, Recensement Général de la population et de l'Habitat. Recensement général de la population et de l'habitat de 2021- 1557 élément. Répartition des ménages vivant en Côte d'Ivoire par sous-préfecture ou communes, 2021. [Online] Available <https://data.gouv.ci/datasets/recensement-de-la-population-ivoirienne>. (12 Février, 2023).
- [11] M. Mouellet, Screening phytochimique de deux espèces de plantes: *Crotalaria retusa* L (Papilionaceae) et *Hallea ciliata* Aubrev & Pellegr. (Rubiaceae) récoltées au Gabon, Thèse, Université de Bamako, (Mali), 88 p, 2005.
- [12] OECD, Guidelines for the Testing of Chemicals / Section 4: Health Effects Test No. 423: Acute Oral toxicity - Acute Toxic Class Method, Organization for Economic Cooperation and Development (Ed), Paris, (France), 14 p. 2001.
- [13] OCDE, Série sur les Principes de bonnes pratiques de laboratoire et vérification du respect de ces principes, ENV/MC/CHEM, no. 17, pp. 22-23, 1998.
- [14] M. Pierre, M. Oya, O. Madeleine, M. Vangah, K. Ehoulé and D. D. Sébastien, Etude des toxicités aiguë et subaiguë du remède nature utilisé dans le traitement du paludisme, *Revue Ivoirienne des Science et Technologie*, no. 29, pp. 145-158, 2017.
- [15] Inserm, Alcool: dommages sociaux, abus et dépendance. Expertise collective, inserm (Ed), Paris, 536 p, 2003.
- [16] K. G. Kouassi, Etude ethnobotanique des plantes employées dans la confection des «bitters», macérations alcooliques traditionnelles, chez les Agni-Ndenye et les Agni Sanwi (Est et Sud-Est de la Côte d'Ivoire), Mémoire, Université Nangui Abrogoua (Côte d'Ivoire), 42 p, 2015.
- [17] N. Ilic, B. M. Schmidt, A. Poulev and I. Raskin, Toxicological evaluation of Grains of Paradise (*Aframomum melegueta*) [Roscoe] K. Schum, *Journal Ethnopharmacology*, vol. 2, no. 127, pp. 352-356, 2018.
- [18] Anonyme, Pharmacopée traditionnelle de la République Démocratique du Congo. 1ère Ed. Science et tradition, 2009.
- [19] K. E. EFO, Activité hépatoprotectrice de *Alchornea cordifolia* (Euphorbiaceae) dans un modèle animal d'hépatotoxicité induite par les médicaments antituberculeux, Thèse, Université Félix Houphouët Boigny (côte d'ivoire), 380 p, 2018.
- [20] Y. A. Koudoro, D. Agbangnan, C. Pascal, Bothon, S. R. Bogninou, G. A. Alitonou, F. Avlessi and C. K. D. Sohounhloue, Métabolites secondaires et activités biologiques des extraits de l'écorce de tronc de *Khaya senegalensis*, une plante à usage vétérinaire récoltée au Bénin, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 4, no. 23, pp. 441-450, 2018.
- [21] C. J. B. Jules, Etude de la toxicité systémique de l'extrait aqueux du mélange des plantes *Aframomum Melegueta*, *Mondia Whitei*, *Piper Guineense*, et *Zingiber Officinale* chez le rat, Mémoire, Université de Yaoundé1 (Cameroun), [online] Available <https://www.memoireonline.com>, 69 p, 2011.

- [22] H. H. Parc, S. Lee, S. Hee-Young, S. B. Parc, K. Mi-Sun, J. C. Eun, S. K. S. Thoudam, H. H. Jeung, L. Maan-Gee, E. K. Jung, C. H. Myung, K. K. Taeg, H. K. Yeo and H. K. Sang, Flavonoids inhibit histamine release and expression of proinflammatory cytokines in mast cells, *Archives of Pharmacal Research*, vol. 10, no. 31, pp. 1303-1311, 2008.
- [23] H. Hossain, I. A. Jahan, S. I. Howlader, S. K. Dey and A. Hira, Phytochemical screening and anti-nociceptive properties of the ethanolic leaf extract of *Trema cannabina* Lour., *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, vol. 1, no. 3, pp. 103-108, 2013.
- [24] M. E. Mpondo, S. D. Dibong, Y. C. F. Ladoh, R. J. Priso and A. Ngoye, Les plantes à phénols utilisées par les populations de la ville de Douala, *Journal of Animal and Plant Sciences*, no. 15, pp. 2083-2098, 2012.
- [25] D. Amadou, Etude de la Phytochimie et des activités biologiques de *Syzygium Guineense* Willd. (Myrtaceae), Thèse, Université de Bamako, (Mali), 100 p, 2005.
- [26] A. M. Agbor, Methanol extracts of medicinal plants used for oral healthcare in Cameroon, *Biochemistry & pharmacology*, vol. 4, no. 2, 164 p, 2015.
- [27] T. S. Petchayo, Identification des principaux phytopathogènes du poivre (*piper nigrum*) de penja et contrôle du dépérissement lent par *trichoderma asperellum* et l'extrait hydroéthanolique de *chromoleana odorata*, Thèse, Université de Yaoundé (Cameroun), 271 p, 2022.
- [28] OCDE, Lignes directrices de l'OCDE pour les essais de produits chimiques: Toxicité orale aiguë -Méthode de l'ajustement, Essai 425-350, 2008.
- [29] J. F. Ahounou, Evaluation de l'activité des extraits aqueux de *Sterculia setigera* Delile (sterculiaceae) et du mélange *Aframomum melegueta* (roscoe) K. Schum (zingiberaceae) - *Citrus aurantifolia* (Christm et Panzer) Swingle (rutaceae) sur l'asthme induit par l'effort, Thèse, Université d'Abomey-Calavi (Bénin), 170 p, 2011.
- [30] A. Essoham, K. Gnatoulma, A. T. Gerard, R. Manuel, H. A. Adjoa, E. T. Pélagie, B. Komlan, T. Tchadjabo, A. Yaovi, H. Achim, E. L. Laura and D. K. Simplicie, Toxicity, chemical composition, anti-inflammatory and antioxidant activities of plants used for the treatment of helminth infections in the Kara and Central region of Togo, *Journal of Applied Biosciences*, no. 156, pp. 16114-16131, 2020.
- [31] E. N. Marieb, *Essentials of Human Anatomy and Physiology*, Pearson/Benjamin Cummings (Ed), San Francisco, 632 p, 2009.
- [32] A. D. Atsamo, T. B. Nguelefack, J. Y. Datté and A. Kamanyi, Acute and subchronic oral toxicity assessment of the aqueous extract from the stem bark of *Erythrina senegalensis* DC (Fabaceae) in rodents, *Journal of Ethnopharmacology*, no. 134, pp. 697-702, 2011.
- [33] A. T. Hariri, S. A. Moallem, M. Mahmoudi and H. Hosseinzadeh, The effect of crocin and safranal, constituents of saffron, against subacute effect of diazinon on hematological and genotoxicity indices in rats, *Journal of Phytomedicine*, vol. 6, no. 18, pp. 499-504, 2011.
- [34] S. Kumar, P. Gupta, S. Sharma and D. Kumar, A review on immunostimulatory plants, *Journal of Chinese integrative Medicine*, vol. 2, no. 9, pp. 117-128, 2011.
- [35] G. Toudji, E. Thiombiano, S. Karou, A. Kokou, Y. Adjra, H. E. Gbekley, M. Kiendrebeogo, Y. Ameyapoh and J. Simporé, Antibacterial and AntiInflammatory Activities of Crude Extracts of three Togolese Medicinal Plants against Esbl *Klebsiella Pneumoniae* Strains, *African Journal of Traditional Complementary Alternative Medicines*, vol. 1, no. 15, pp. 42-58, 2018.
- [36] J. D. Gbenou, J. F. Ahounou, P. Ladouni, W. K. D. D. Agbodjogbe, R. Tossou, P. Dansou and M. Moudachirou, Propriétés Anti-Inflammatoires des extraits Aqueux de *Sterculia setigera* Delile et du mélange *Aframomum melegueta* K. Schum - *Citrus aurantifolia* Christm et Panzer, *Journal International des Sciences Biologiques et Chimique*, vol. 2, no. 5, pp. 634-641, 2011.
- [37] I. A. Sirwal, K. A. Banday, A. R. Reshi, M. A. Bhat and M. M. Wani, Estimation of Glomerular Filtration Rate (GFR) JK Science, *Journal of Medical Education & research*, vol. 3, no. 6, pp. 121-123, 2004.
- [38] T. O. Ajibade and F. O. Olayemi, Reproductive and toxic effects of methanol extract of *Alchornea cordifolia* leaf in male rats, *Andrologia*, vol. 9, no. 47, pp. 1034-1040, 2015.
- [39] B. A. Ference, J. J. P. Kastelein, K. K. Ray, H. N. Ginsberg, M. J. Chapman, C. J. Packard, U. Laufs, C. Olivier-Williams, A. M. Bois, A. S. Butterworth, E. D. Angelantonio, J. Danesh, D. L. B. Nicholls, M. S. Sabatine and A. L. Catapano, Association of triglyceride-lowering LPL variants and LDL-C-lowering LDLR variants with risk of coronary heart disease, *Journal of American Medical Association*, vol. 14, no. 321, pp. 364-373, 2019.
- [40] M. Vessal, M. Hemmati and M. Vasei, Hypoglycemic effects of quercétine in streptozocin-induced diabetic rats, *Comparative Biochemistry Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, vol. 3, no. 135, pp. 357-364, 2003.
- [41] M. Takin, M. Ahokpè, L. Zohoun, E. Assou, N. Aivodji, E. Agossou and A. Sezan, Effect of total *Khaya senegalensis* (Meliaceae) barks extracts on hepatic liberation of glucose, *National Journal of Physiology, Pharmacy and pharmacology*, vol. 2, no. 4, pp. 105-110, 2014.
- [42] S. O. Kolawole, O. T. Kolawole and M. A. Akanji, Effects of aqueous extract of *Khaya senegalensis* stem bark on biochemical and hematological Parameters in Rats, *Journal of Pharmacology and Toxicology*, no. 6, pp. 602-607, 2011.

- [43] A. D. Wallace and S. A. Meyer, Hepatotoxicity in A Textbook of Modern Toxicology, John Wiley & Sons (Ed), Canada, New Jersey, pp. 277-290, 2010.
- [44] G. Kumar, G. B. Sharmila, P. Vanithapappa, M. Sundararajan and P. Rajasekara, Hepatoprotective activity of *Trianthema portulacastrum* L. against paracetamol and thioacetamide intoxication in rat albino rats, Journal of Ethnopharmacology, no. 92, pp. 37- 40, 2004.
- [45] K. Kushal, S. Sabeena and K. Ashish, Acute and sub-acute toxicological evaluation of lyophilized *Nymphaea x rubra* Roxb. ex Andrews rhizome extract, Regulatory Toxicology and Pharmacology, no. 88, pp. 12-21, 2017.
- [46] Y. M. Li, S. H. Chen, C. H. Yu, Y. Zhang and G. Y. Xu, Effect of acute alcoholism on hepatic enzymes and oxidation/antioxidation in rats, Hepatobiliary & Pancreatic diseases international, vol. 2, no. 3, pp. 241-244, 2004.

Cartographie par télédétection des changements de l'occupation du sol à partir des images Landsat dans une zone d'orpaillage, département de Dimbokro (Centre-Est, Côte d'Ivoire)

[Remote sensing mapping of land cover changes from Landsat images in a gold panning area, Dimbokro department (Central-Eastern, Côte d'Ivoire)]

Yapo Armand Patrick, Ahoussi Kouassi Ernest, and Yao Kouassi Serge Aristide

Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR STRM), Laboratoire des Sciences du Sol, de l'Eau et des Géomatériaux (LSSEG), Université Felix Houphouët Boigny Abidjan-Cocody (UFHB), Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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: Located in central-eastern Côte d'Ivoire, the department of Dimbokro has for the past ten years been faced with the illegal and clandestine development of artisanal and small-scale gold mining (ASGM), commonly known as gold panning. This activity is having a huge impact on the environment and especially on natural resources (deforestation, loss of arable land). The aim of this study is to detect changes in land cover in the Dimbokro department using Landsat TM (1988), ETM+ (2002) and OLI (2021) images. The supervised or directed classification method with maximum likelihood and the diachronic comparison method were used. The areas of the classes obtained after the diachronic analyses were used to highlight the average annual rates of spatial expansion. This expansion between 1988 and 2021 is either progressive or regressive. A regression was observed for the dense forest (-2.99%), degraded forest (-2.32%), crop (-0.82%) and water (-1.65%) classes. In terms of change over this period (33 years), there has been an increase in the surface area of savannah (+2.67%) and buildings/bare ground (+4.12%). This study shows that changes in the landscape of the Dimbokro department are linked to a high level of human activity, leading to the degradation of natural resources in a context of climatic variability.

KEYWORDS: Gold panning, land use, Landsat, remote sensing, Dimbokro department.

RESUME: Situé au Centre-Est de la Côte de la Côte d'Ivoire, le département de Dimbokro fait face depuis une dizaine d'années au développement illégal et clandestin de l'extraction minière artisanale et à petite échelle d'or (EMAPE) communément appelé orpaillage. Cette activité provoque d'énorme répercussion sur l'environnement et surtout les ressources naturelles (déforestation, pertes de terres cultivables). L'objectif de cette étude est la détection des changements de l'occupation du sol dans le département de Dimbokro à partir des images Landsat TM (1988), ETM+ (2002) et OLI (2021). La méthode de la classification supervisée ou dirigée avec le maximum de vraisemblance et celle de la comparaison diachronique ont été utilisées. Les superficies des classes obtenues après les analyses diachroniques ont permis de faire ressortir les taux moyens annuels d'expansions spatiales. Cette expansion entre 1988 à 2021 est soit progressive ou régressive. Pour les classes forêts denses (-2,99 %), forêts dégradées (-2,32 %), cultures (-0,82 %) et eau (-1,65 %) il a été observé une régression. En termes d'évolution durant cette période (33 ans), on observe une progression des superficies des savanes (+2,67 %) et des bâtis/ sols nus (+4,12 %). Cette étude montre que les changements du paysage du département de Dimbokro sont liés à une forte anthropisation entraînant par conséquent la dégradation des ressources naturelles dans un contexte de variabilité climatique.

MOTS-CLEFS: Orpaillage, occupation du sol, Landsat, télédétection, département de Dimbokro.

1 INTRODUCTION

À travers le monde toutes les politiques gouvernementales font de la lutte contre la dégradation de l'environnement une de leur priorité [1]. En effet, la plupart des activités humaines modifient plus ou moins profondément le fonctionnement des écosystèmes ou l'état de certains éléments naturels dont les êtres humains. À cela, s'ajoute la baisse de la pluviométrie depuis les années 1970 qui entraîne une modification significative du paysage et l'occupation des sols [2], [3]. Les études sur le changement de l'occupation et l'utilisation du sol permettent de comprendre les interactions entre l'Homme et son environnement. Cette thématique est devenue incontournable dans la plupart des inventaires cartographiques et de suivi des phénomènes environnementaux [4]. De plus, l'utilisation de la télédétection pour étudier et surveiller les zones dégradées par les activités d'orpaillage et leur expansion dans le temps est primordiale. Elle a été utilisée par

de plusieurs auteurs depuis les années 2020 [5], [6], [7], [8]. Aussi, le développement des techniques de la télédétection et du système d'information géographique (SIG) permet d'avoir une vision globale des phénomènes et une approche de plus en plus précise sur la dynamique de l'occupation du sol, tout en contribuant à assurer une meilleure gestion de l'environnement [9], [10]. L'exploitation de l'or que ce soit artisanale ou industrielle entraîne des dommages sur l'environnement à savoir la perte du couvert forestier, la dégradation des sols, l'augmentation de la charge sédimentaire de l'eau, la pollution de l'air et la perte de la biodiversité [11]. Cette utilisation technologique permet de quantifier les impacts environnementaux (déforestation, augmentation de la charge sédimentaire de l'eau, dégradation des sols) et l'expansion de l'orpaillage. En raison de l'exploitation aurifère, les zones affectées connaissent une évolution démographique accrue au cours des dernières décennies. Ces activités affectent le milieu naturel soit la circulation de composés toxiques soit par la dégradation des ressources forestières [12]. Plusieurs méthodes ont été inventées pour l'évaluation de la dynamique de l'occupation du sol, parmi celles-ci, l'analyse diachronique et multi-date de l'occupation du sol est l'une des plus utilisées, vu que c'est une méthode qui prend également en compte la répartition spatiale des changements [13]. En effet, l'occupation du sol influence les quantités d'eau disponibles pour l'écoulement de surface et l'infiltration selon la nature des végétaux (forêts, savanes, mosaïques) [3]. L'apparition des grands sites d'orpaillage dans les années 2010 traduisent un changement réel dans la nature. C'est donc dans cette perspective que cette étude a été initiée pour évaluer la dynamique de l'occupation du sol dans le département de Dimbokro qui fait face à une prolifération des sites d'extraction artisanale d'or.

2 DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

Le département de Dimbokro est situé au centre-est de la Côte d'Ivoire dans la région du N'Zi. Il est compris entre les longitudes 4°30' et 4°58' Ouest et les latitudes 6°33' et 7°05' Nord avec une superficie de 1527 km² (Fig. 1). Il est constitué de quatre (4) sous-préfectures (Dimbokro, Abigui, Nofou et Djangokro) et une soixantaine (60) de villages. Sa population est estimée à 102 192 habitants [14]. Le climat est de type tropical humide marqué par 4 saisons dont 2 saisons de pluies et 2 saisons sèches [15], [16]. Les précipitations sont en moyenne de 1200 mm par an et la température annuelle moyenne est d'environ 26,5 °C. Ces conditions hydroclimatiques facilitent le développement des activités agricoles qui s'y pratiquent couplés à des sols ferralitiques et hydromorphes [17]. Le relief est relativement plat (plaines inférieures à 100 mètres) avec quelques plateaux d'altitudes comprises entre 150 et 240 mètres dans les zones Nord et Ouest. La végétation est constituée de savane (nord et centre) et de forêt dans les parties sud et est. Les aquifères rencontrés sont ceux des altérites et du socle (fissurés et fracturés) [18]. Du point de vue hydrographique il y a la présence du fleuve N'Zi et de ses affluents que sont le Kan et le Ourougo. La géologie est marquée par les roches formations éburnéennes (métagranites à biotite et des granites à muscovite et biotite) qui dans le nord et l'extrême ouest et des formations birimiennes (schistes et les grès) occupant la moitié du département de Dimbokro [15], [16].

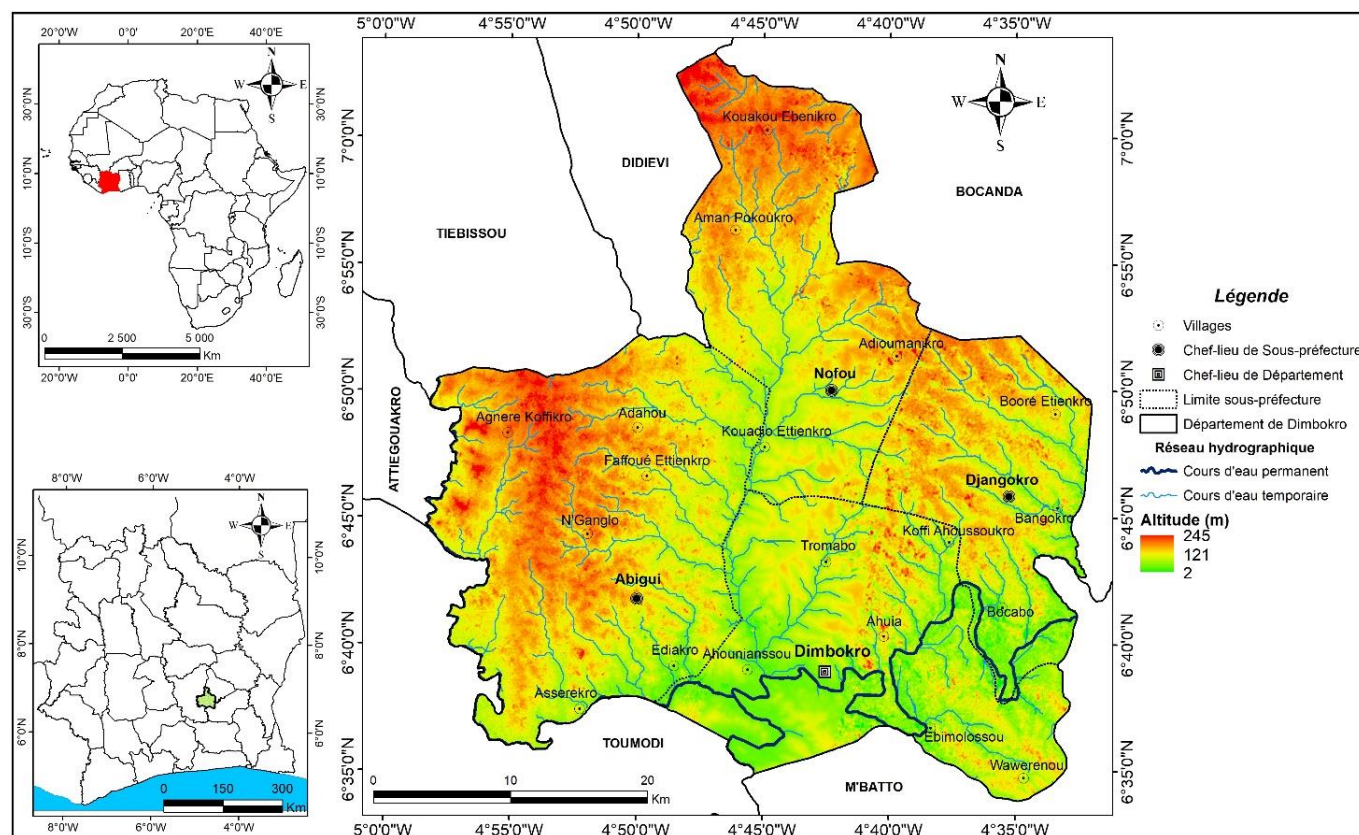


Fig. 1. Location du Département de Dimbokro

3 MATERIEL ET METHODES

3.1 DONNEES UTILISEES

Dans le but de réaliser les cartes d'occupation du sol nécessaire à l'étude de la dynamique de l'occupation du sol, les images satellitaires Landsat de la scène 196-055 ont été utilisées. Ce sont les images Landsat 5 TM (1988), Landsat ETM+ 7 (2002) et Landsat 8 OLI (2021) acquises pendant les mois de la saison sèche car le taux de nébulosité et de couverture nuageuse est réduit.

3.2 METHODES

3.2.1 PRETRAITEMENT DES IMAGES SATELLITAIRES

Avant de procéder à l'extraction de l'information et la classification thématique des images satellitaires Landsat, une série d'opérations a été effectuée. Ces opérations sont consacrées au prétraitement des images (corrections radiométriques et extraction de la zone d'étude). Les images brutes Landsat ont subi des traitements dans le but de les rendre lisibles avant toute interprétation. Pour se faire, l'utilisation du logiciel ENVI 5.3 a été nécessaire. Les corrections radiométriques consistent à corriger les effets des différents artefacts qui perturbent la mesure radiométrique sans pour autant modifier les données sources c'est-à-dire la valeur des pixels [19]. Par la suite, la zone d'étude (département de Dimbokro) a été extraite dans les images multispectrales Landsat ayant une résolution spatiale de 30 mètres.

3.2.2 CLASSIFICATION NUMERIQUE DES IMAGES

Le traitement des images satellitaires a permis de réaliser une classification numérique des différentes images en plusieurs étapes telles que le choix des compositions colorées, définition des différentes classes et le type de classification. La technique de la composition colorée a été utilisée pour faciliter l'extraction des informations et avoir une bonne discrimination des unités d'occupations du sol en combinant les trois couleurs fondamentales rouge, vert et bleu (RVB). Les capteurs TM, ETM+ et OLI disposent respectivement de respectivement 7, 8 et 11 bandes spectrales allant du visible à l'infrarouge thermique. Ce nombre de bandes permet d'essayer de multiples combinaisons de 3 bandes afin de mettre en évidence les classes [20]. Les différentes compositions colorées utilisées dans cette étude sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1. *Caractéristiques des images Landsat TM, ETM+ et OLI*

Caractéristiques	Landsat 5 TM	Landsat 7 ETM ⁺	Landsat 8 OLI
Compositions colorées (RVB)	531	731	764

En utilisant le logiciel ENVI 5.3, les compositions colorées ont permis de distinguer les classes d'occupation du sol avec beaucoup plus de détails. Ainsi, six (6) classes d'occupation du sol ont été retenues à savoir forêts denses, forêts dégradées, savane, bâtis/ sols nus, cultures et eau. Pour chaque classe définie ou ROI (Regions Of Interest), un minimum de 30 pixels a été sélectionné. Ces pixels sont représentés sous forme de polygones facilitant l'extraction automatique des valeurs de pixels afin de produire la signature spectrale de chaque classe à partir des bandes choisies de l'image Landsat. En se basant sur la mission préliminaire effectuée en juillet 2020, le choix s'est porté sur la classification supervisée ou dirigée qui est une technique consistant à appliquer le même traitement à chaque pixel, indépendamment des pixels voisins au détriment de la classification non supervisée. Les classifications supervisées sont des méthodes couramment utilisées qui permettent un résultat rapide et généralement assez efficace pour se rendre compte des changements de l'occupation du sol. Afin d'obtenir une classification représentant l'occupation du sol l'algorithme « Maximum de Vraisemblance » (Maximum Likelihood) basé sur la règle Bayes a été choisi. Cette méthode calcule la probabilité d'appartenance d'un pixel à une classe donnée. Les pixels seront affectés à la classe pour laquelle la probabilité est la plus forte. Cet algorithme de classification si performant dans le domaine de l'évaluation de la dynamique de l'occupation du sol a été utilisé dans de nombreux travaux [2], [8], [21], [22], [23].

3.2.3 ÉVALUATION DE LA PRECISION DES IMAGES

La qualité de la classification obtenue a été évaluée à l'aide des paramètres calculés par la matrice de confusion que sont la précision globale et le coefficient Kappa. La matrice de confusion affiche les statistiques de la précision de classification d'une image, notamment le degré de classification erronée parmi les diverses classes. Elle est calculée avec les valeurs exprimées en pixels et en pourcentage. La précision globale exprimé en pourcentage (%) s'obtient en additionnant le nombre de valeurs classées correctement et en divisant par le nombre total de valeurs [24]. Quant au coefficient Kappa K, il exprime la réduction proportionnelle de l'erreur obtenue par classification, comparée à l'erreur obtenue par une classification complètement au hasard. L'indice Kappa et se divise en cinq (5) catégories. Le Tableau 2 ci-dessous présente les différentes valeurs de l'indice kappa [25].

Tableau 2. Valeurs des indices de Kappa [25]

Accord	Très faible	Faible	Modéré	Substantiel	Presque parfait
Valeurs	0 à 0,20	0,21 à 0,40	0,41 à 0,60	0,61 à 0,80	0,81 à 1

Sa formule est donnée par l'équation 1 ci-dessous:

$$K = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c} \quad (\text{Equation 1})$$

K est le coefficient de Kappa, Po est égal au pourcentage réel obtenu de la classification des éléments de l'occupation du sol; il est égal au quotient de la somme des chiffres de la diagonale de la matrice avec le total du nombre d'observations.

Pc est l'estimation de la probabilité d'obtenir une classification correcte; pour calculer Pc, on procède de la façon suivante: on réalise les produits marginaux des valeurs des colonnes et des rangées au niveau de chaque cellule de la matrice, puis la somme des valeurs de la diagonale est divisée par le total des produits de chaque cellule de la matrice. Enfin, un filtre majoritaire avec une fenêtre 3x3 a été appliqué pour homogénéiser les rendus cartographiques. Cette opération a pour but d'affecter le pixel central du filtre à la classe la plus représentée. Les relevés sur le terrain ont permis de valider cette classification.

3.2.4 MISE EN ÉVIDENCE DES CHANGEMENTS

Afin d'analyser la dynamique de l'occupation du sol de 1988 à 2021, les calculs du taux moyen annuel d'expansion spatiale (Tc) et du taux de changement global (Tg) ont été nécessaires. Le taux moyen annuel d'expansion spatiale (Tc) s'évalue à partir de la Formule suivante de [26] couramment employée pour mesurer la croissance des agrégats macroéconomiques entre deux périodes données.

$$T_c = \frac{\ln S_2 - \ln S_1}{(t_2 - t_1) * \ln e} * 100 \quad (\text{Equation 2})$$

Tc est le taux moyen annuel d'expansion spatiale, S1 la surface d'une classe d'unité de surface à la date t1, S2 la superficie de la même classe d'unité de surface à la date t2, ln le logarithme népérien, e la base des logarithmes népériens (e = 2,71828). Le calcul du taux de changement global est fait en se basant sur la Formule suivante [27].

$$T_g = \frac{S_2 - S_1}{S_1} * 100 \quad (\text{Equation 3})$$

Tg est le taux de changement global, S1 la surface d'une classe d'unité de surface à la date t1, S2 la superficie de la même classe d'unité de surface à la date t2. Les valeurs du taux de changement positives indiquent une « progression » et les valeurs négatives, une « régression » c'est-à-dire perte de surface. Les valeurs proches de zéro indiquent que la classe est relativement « stable ».

4 MATERIEL ET DISCUSSION

4.1 ÉVALUATION DE LA PRÉCISION DE LA CLASSIFICATION

L'application de la classification supervisée aux trois images satellitaires, a permis d'identifier avec précision six (06) classes et cartographier l'occupation du sol de la zone d'étude en 1988, 2002 et 2021. Les différentes classifications ont été évaluées par les matrices de confusion à partir de la précision globale et le coefficient Kappa. Les classifications sont donc jugées excellentes car la valeur du kappa est supérieure à 0,90.

4.1.1 OCCUPATION DU SOL DE LANDSAT TM 1988

Les résultats de la classification de l'image Landsat TM de 1988 sont consignés dans le Tableau 3. La précision globale obtenue est de 93,21 % avec un coefficient de Kappa de 0,91.

Tableau 3. Matrice de confusion de la classification de l'image Landsat TM de 1988

Classes	Forêt dense	Forêt dégradée	Savane	Bâtis/ sols nus	Cultures	Eau
Forêt dense	97,38	1,62	0	0,25	0,3	0
Forêt dégradée	1,58	96,33	2,17	0,92	2,4	0
Savane	0	0,7	94,64	0,97	0,91	0
Bâtis/ sols nus	0	0,12	0	97,18	0,23	0
Cultures	1,04	1,23	3,19	0,61	96,16	0
Eau	0	0	0	0	0	100
Total	100	100	100	100	100	100

Précision globale = 93,21 %; Kappa = 0,91

L'analyse du Tableau 3 montre que les classes présentes de très bonnes classifications. On a pour la forêt dense (97,38 %), forêt dégradée (96,33 %), savane (94,64 %), bâtis/ sols nus (97,18 %), cultures (96,16 %) et (100 %) pour l'eau. Certaines confusions peuvent se faire quant à la discrimination des classes.

- La classe forêt dense se confond avec la forêt dégradée (1,58 %) et cultures (1,04 %);
- La classe forêt dégradée se confond avec la forêt dense (1,62 %) et cultures (1,23 %);
- La classe savane se confond avec la forêt dégradée (2,17 %) et cultures (3,19 %);
- La classe culture se confond avec la forêt dégradée (2,4 %)

La difficulté de classer les classes savanes et cultures s'explique par le fait que ces deux classes ont quasiment les mêmes réflectances.

4.1.2 OCCUPATION DU SOL DE LANDSAT ETM+ 2002

Le Tableau 3 montre que la classification de l'image Landsat ETM+ de 2002 a une précision globale de 94,64 % avec un coefficient de Kappa de 0,92.

Tableau 4. Matrice de confusion de la classification de l'image Landsat ETM+ de 2002

Classes	Forêt dense	Forêt dégradée	Savane	Bâtis/ sols nus	Cultures	Eau
Forêt dense	96,13	3,42	0	0,12	0,4	0
Forêt dégradée	2,86	94,57	2,65	0,17	1,19	0
Savane	0	0,41	95,49	1,4	1,59	0
Bâtis/ sols nus	0	0,39	0	97,52	0,16	0
Cultures	1,01	1,21	1,86	0,79	96,66	0
Eau	0	0	0	0	0	100
Total	100	100	100	100	100	100

Précision globale = 94,64 %; Kappa = 0,92

Pour la matrice de confusion de l'image Landsat ETM+ (2002), les différentes précisions des classes sont consignées dans le Tableau 4. Ainsi, on a 96,13 % pour la forêt dense, 94,57 % pour forêt dégradée, 95,49 % pour la savane, 97,52 % pour les bâtis/ sols nus, 96,66 % pour les cultures et 100 % pour l'eau. Néanmoins, il existe des confusions entre les classes:

- La classe forêt dense se confond avec la forêt dégradée (2,86 %) et cultures (1,01 %);
- La classe forêt dégradée se confond avec la forêt dense (3,42 %) et cultures (1,21 %);
- La classe savane se confond avec la forêt dégradée (2,65 %) et cultures (1,86 %);
- La classe culture se confond avec la forêt dégradée (2,4 %) et la savane (1,59 %)

4.1.3 OCCUPATION DU SOL DE LANDSAT OLI 2021

La classification de l'image OLI de 2022 a été réalisée avec une précision globale égale à 97,88 % et un coefficient Kappa égal à 0,96.

Tableau 5. Matrice de confusion de la classification de l'image Landsat OLI de 2021

Classes	Forêt dense	Forêt dégradée	Savane	Bâtis/ sols nus	Cultures	Eau
Forêt dense	98,05	0,77	0	0,05	0,32	0
Forêt dégradée	1,73	94,61	0,2	0,29	2,82	0
Savane	0	1,7	97,82	0,75	1,22	0
Bâtis/ sols nus	0	0,18	0,3	97,43	0,41	0
Cultures	0,22	2,74	1,68	1,48	95,23	0
Eau	0	0	0	0	0	100
Total	100	100	100	100	100	100

Précision globale = 97,88 %; Kappa = 0,96

Les classes présentes de très bonnes classifications (**Tableau 5**). On a pour la forêt dense (98,05 %), forêt dégradée (94,61 %), savane (97,82 %), bâtis/ sols nus (97,43 %), cultures (95,23 %) et (100 %) pour l'eau. Certaines confusions peuvent se faire quant à la discrimination des classes.

- La classe forêt dense se confond avec la forêt dégradée (1,73 %);
- La classe forêt dégradée se confond avec la savane (1,7 %) et cultures (2,74 %);
- La classe savane se confond avec les cultures (1,48 %);
- La classe culture se confond avec la forêt dégradée (2,82 %) et savane (1,22 %)

4.2 ÉVALUATION DE LA DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL

4.2.1 MISE EN ÉVIDENCE DES CHANGEMENTS

Les cartes obtenues après les classifications supervisées des images Landsat de 1988, 2022 et 2021 permettent d'avoir l'évaluation qualitative de la dynamique de l'occupation du sol (**Fig. 2, 3 et 4**).

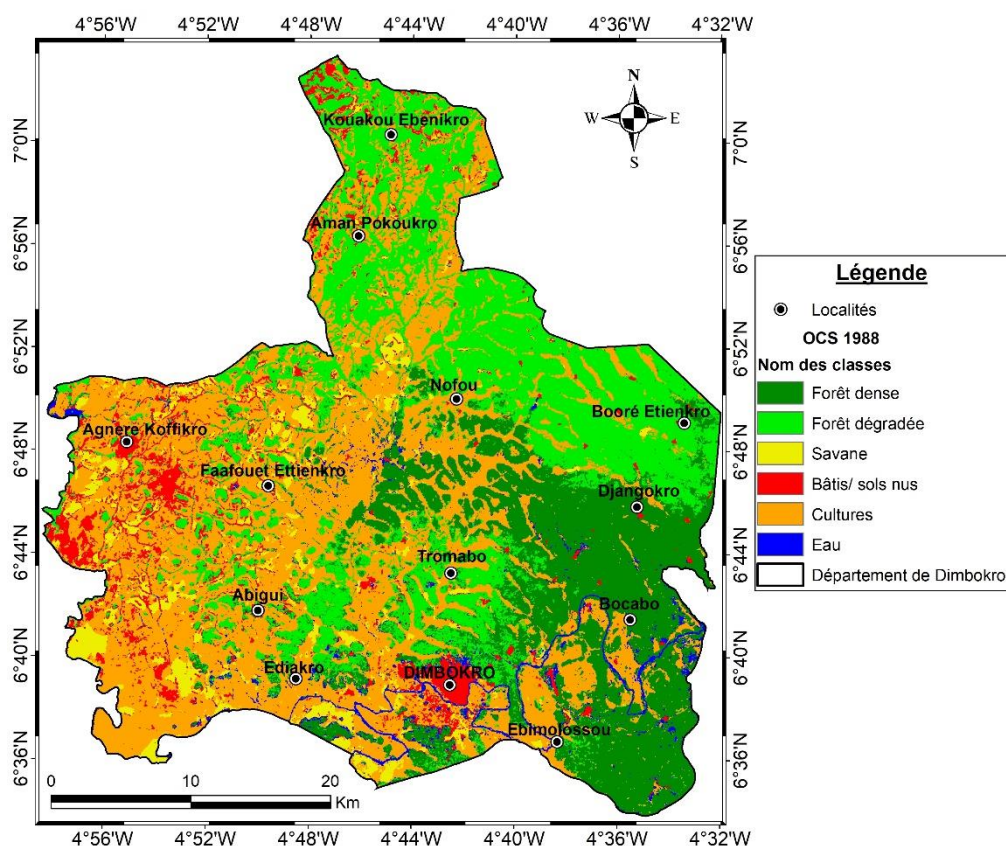


Fig. 2. Occupation du sol en 1988 à partir des images Landsat TM

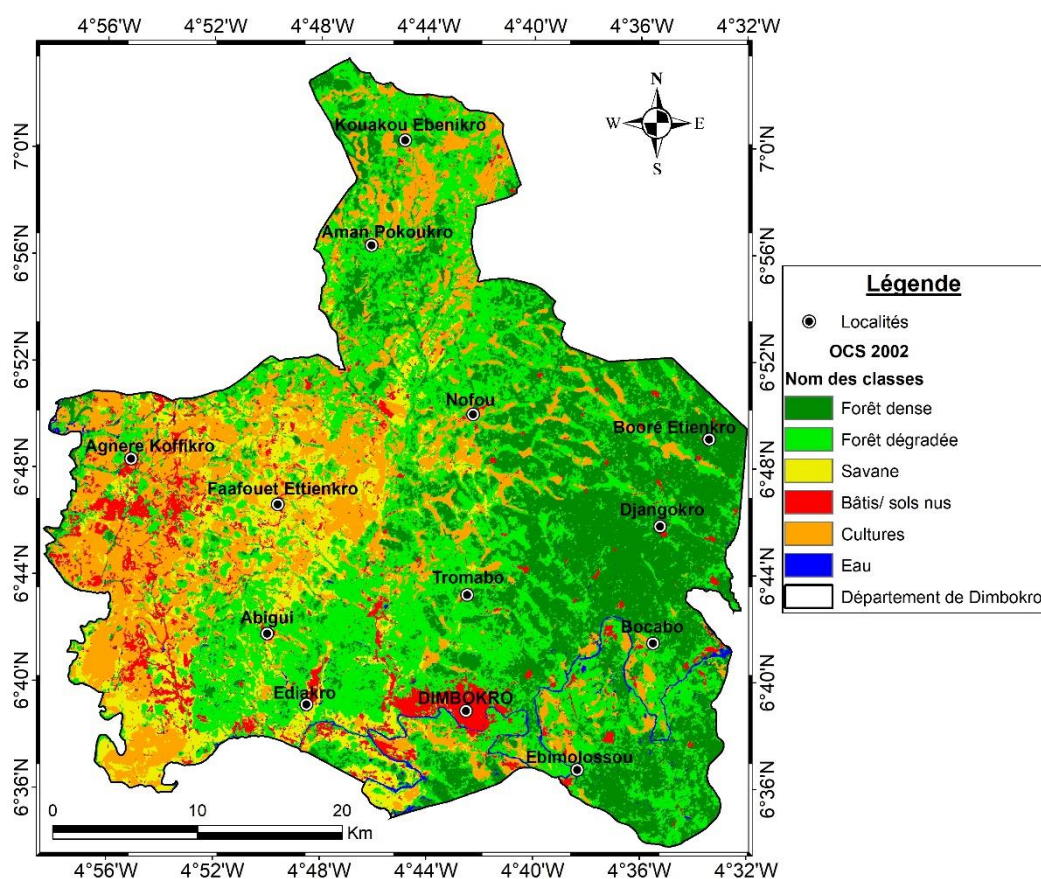


Fig. 3. Occupation du sol en 2002 à partir des images Landsat ETM+

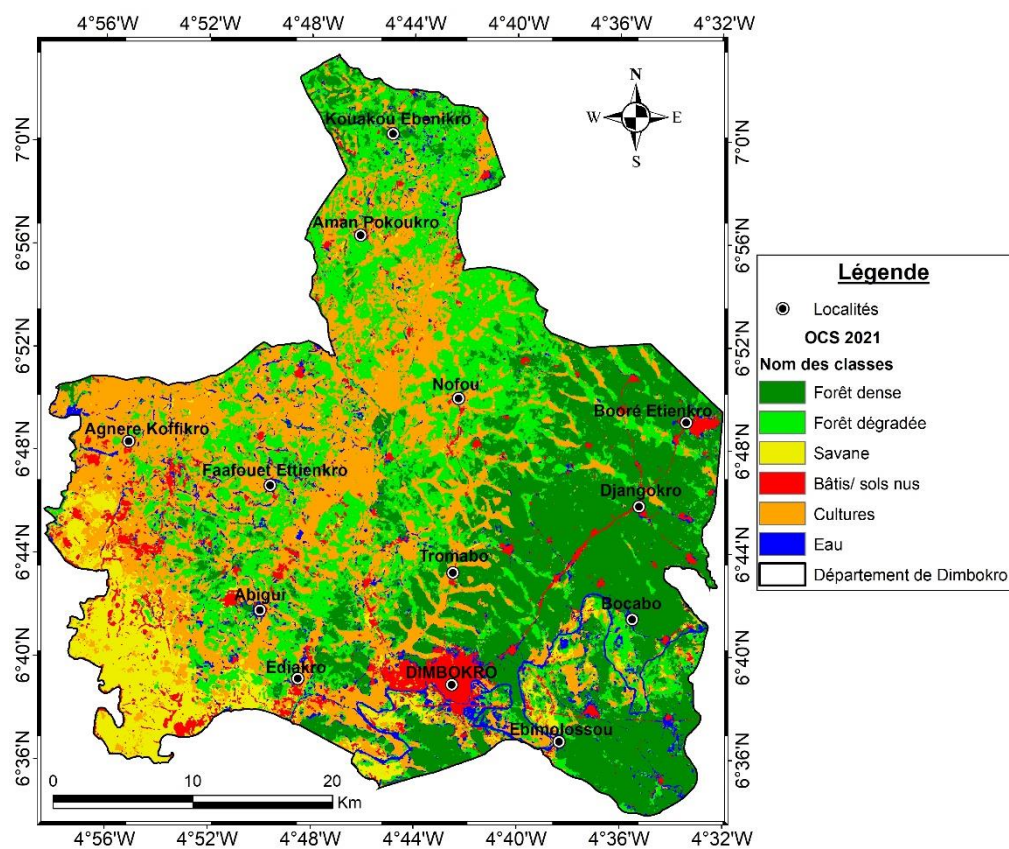


Fig. 4. Occupation du sol en 2021 à partir des images OLI

4.2.2 ETAT DE L'OCCUPATION DU SOL DE 1988 À 2021

Les caractéristiques (superficie et pourcentage) des différentes unités d'occupation du sol sont consignées dans le Tableau 6.

Tableau 6. Proportions des classes d'occupation du sol (superficies et pourcentage)

Classes	Superficies					
	1988		2002		2021	
	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²
Forêt dense	22,04	336,55	12,18	185,99	8,23	125,67
Forêt dégradée	32,67	498,87	20,61	314,71	15,19	231,95
Savane	5,18	79,10	10,72	163,69	12,51	191,03
Bâtis/ sols nus	10,84	165,53	23,32	356,10	42,23	644,85
Cultures	26,41	403,28	30,85	471,08	20,18	308,15
Eau	2,86	43,67	2,32	35,43	1,66	25,50
Total	100	1527	100	1527	100	1527

L'analyse du Tableau 6 montre les proportions des unités d'occupation du sol de 1988 à 2021:

- En 1988, le paysage était dominé par les forêts dégradées (32,67 %) soit une superficie de 498,87 km² et successivement par la forêt dense (22,04 %), les cultures (26,41 %), les bâtis/sols nus (10,84 %), la savane (5,18 %) et l'eau (2,86 %)
- En 2002, on assiste à une prépondérance des cultures (30,85 %) soit 471,08 km² des bâtis/ sols nus (23,32 %) soit 356,10 km² et des forêts dégradées (20,61 %) soit 314,71 km²
- En 2021, le département de Dimbokro était couvert en majeure partie par les classes bâtis/ sols nus (42,23 %) représentant une superficie de 644,85 km² suivi par les cultures (20,18 %), les forêts dégradées (15,19 %) et les savanes 191,03 km² (12,51 %)

4.2.3 ÉVALUATION DE L'ÉVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL

L'évolution de l'occupation du sol entre 1988 et 2021 est présentée dans le Tableau 7. Les valeurs positives des taux révèlent une augmentation des superficies tandis que les valeurs négatives indiquent que les superficies des unités d'occupation du sol ont régressé.

Tableau 7. Taux d'évolution des classes d'occupation entre 1988 et 2021

Classes	Superficies					
	1988 – 2002		2002 – 2021		1988 - 2021	
	Tc	Tg	Tc	Tg	Tc	Tg
Forêt dense	-4,24	-44,74	-2,06	-32,43	-2,99	-62,66
Forêt dégradée	-3,29	-36,91	-1,61	-26,30	-2,32	-53,50
Savane	5,20	106,95	0,81	16,70	2,67	141,51
Bâtis/ sols nus	5,47	115,13	3,13	81,09	4,12	289,58
Cultures	1,11	16,81	-2,23	-34,59	-0,82	-23,59
Eau	-1,49	-18,88	-1,76	-28,45	-1,65	-41,96

○ Évolution entre 1988 et 2002

Les classes forêts denses, forêt dégradée et eau ont régressées par rapport à l'année 1988 respectivement de 44,74 %, 36,91 % et 18,88 % durant 14 ans à raison de 4,24 %, 3,29 % et 1,49 % par an (Fig. 5). Par ailleurs, contrairement aux classes précédentes les unités d'occupation du sol telles que les bâtis/ sols nus, la savane et les cultures ont connus une augmentation des superficies pendant l'année 2002 respectivement de 5,47%, 5,2% et 1,11%.

○ Évolution entre 2002 et 2021

Entre 2002 et 2021, les plus grandes variations sont observées au niveau des classes cultures (-34,59 %), forêts denses (-32,43 %), eau (-28,45 %) et forêts dégradées (-26,30 %) qui ont connues des régressions à raison respectivement de 2,23%, 2,06%, 1,76% et 1,61%. À contrario, les classes bâtis/ sols nus (3,13 %) et savane (0,81 %) ont connus une augmentation des superficies à l'année 2021 (Fig. 5).

○ Évolution entre 1988 et 2021

Sur la période d'étude (1988 à 2021), les formations forestières (forêts denses et dégradées) qui occupaient plus de la moitié de l'espace 54,71 % en 1988 sont passées à 23,42 % en 2021, soit une diminution de 62,66 % représentant une superficie de 357,62 km² (Tableau 7). Cette régression s'est faite au profit des bâtis/ sols nus dont la superficie est passée de 165,53 km² en 1988 à 644,85 km² en 2021. Avec un taux annuel de progression estimé à 4,12 % pour les bâtis/ sols nus et 2,67 % pour les savanes, la disparition des formations végétales naturelles a probablement entraîné l'augmentation des zones anthropisées. Quant à la classe eau, elle a connu une réduction de sa superficie passant de 43,67 km² à 25,5 km² avec un taux moyen de -1,65 %. Ces taux d'évolutions annuels se poursuivront si les conditions restent constantes c'est-à-dire l'intensification des activités d'orpaillage.

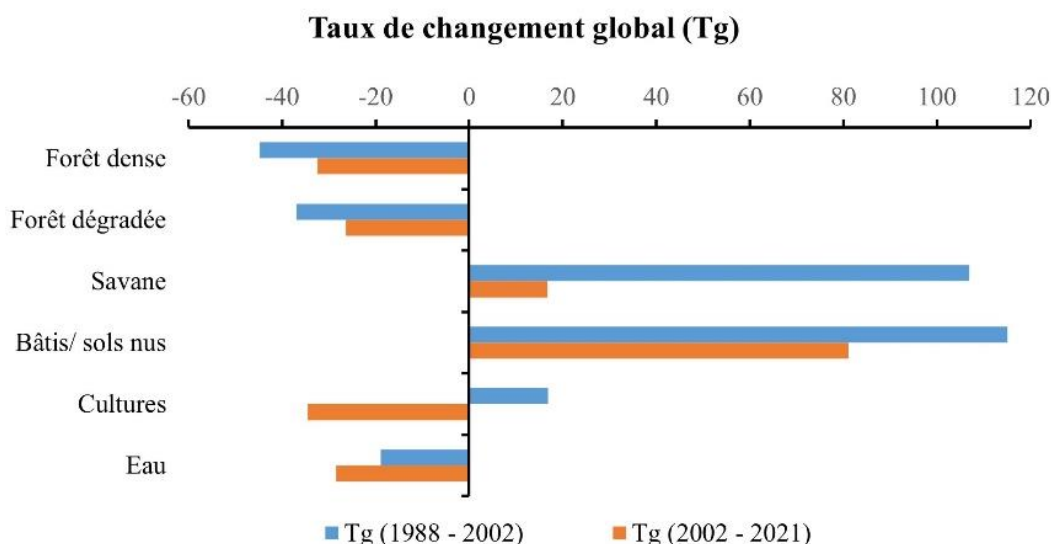


Fig. 5. Synthèse de l'évolution spatiale des différentes unités d'occupation du sol entre 1988 et 2021

4.3 DISCUSSION

La cartographie par télédétection des changements de l'occupation du sol à partir des images Landsat TM, ETM+ et OLI a permis de connaître le paysage qui couvre le département de Dimbokro de 1988 à 2021. La classification supervisée appliquée aux images satellitaires montre que les valeurs des précisions globales sont respectivement de 93,21 % pour l'image TM de 1988, de 94,64 % pour ETM+ et 97,88 % pour OLI 2022. Ces valeurs traduisent une bonne classification des images. Le coefficient de Kappa obtenu est de 0,91 pour 1988; 0,92 pour 2002 et 0,96 pour 2021. Ces résultats montrent que classification adoptée est valable car les résultats d'une analyse d'image dont la valeur de Kappa est supérieure à 0,50 sont bons et peuvent être judicieusement utilisés [28]. Les valeurs élevées de l'indice de kappa pour toutes les images (> 0,9) signifient que plus de 90 % des pixels des images ont été correctement classés conformément aux données de vérité-terrain. Selon [25], il y a un accord presque parfait entre les résultats cartographiques obtenus et la vérité sur le terrain si l'indice de Kappa est compris entre 0,81 et 1. De façon globale, les valeurs des différents indicateurs de précision de la classification supervisée obtenues pour les différentes images, traduisent d'une part, de la bonne qualité des échantillons et d'autre part, de la bonne correspondance entre le résultat de la classification et la réalité spatiale contenue dans les images. Les précisions cartographiques obtenues dans le département de Dimbokro sont en accord avec les travaux de certains auteurs qui ont obtenues des précisions globales comprises entre 88 % et 98 % [2], [3], [12], [21], [22], [29]. Malgré ces résultats satisfaisants, des confusions ont été notées, d'une part, entre la classe culture et savane, entre les cultures et les sols nus, et d'autre part, entre les forêts et les savanes.

Malgré ces résultats satisfaisants, certaines classes présentes des confusions qui sont inférieures à 10 %. En 1988, la savane se confond avec la forêt dégradée (2,17 %) et les cultures (3,19 %). Aussi, il y a une confusion entre les cultures et les forêts dégradées (2,4 %). Pour l'année 2002, la classe forêt dense est confondue avec la forêt dégradée (3,42 %) et la savane (2,65 %). Quant à 2021, il existe une confusion entre les cultures et les forêts dégradées (2,82 %). Ces confusions sont liées à la fois à la ressemblance du point de vue radiométrique, à la modification des pratiques culturelles et au développement des activités anthropiques [2]. Ces confusions sont acceptables dans la mesure où aucune de ces erreurs n'est au-dessus de 70 % [31].

De façon générale, la dynamique de l'occupation du sol de 1988 à 2021 montre une progression des classes savane (+2,67 %) passant de 79,10 km² à 191,03 km² et bâtis/sols nus (+4,12 %) qui passe de 10,84 km² à 644,85 km². Cette évolution s'est faite au détriment des classes forêt dégradée (-2,99 %), forêt dense (-2,32 %), des cultures (-0,82 %) et eau (-1,65 %). Cette situation est due à l'action combinée de la baisse pluviométrique à l'instar des zones tropicales humides africaines depuis les années 1970 et aux activités anthropiques (feux de

brousse, exploitation abusive du bois, développement de l'orpaillage) dans la région [3], [30], [32]. De façon plus particulière, la réduction de la classe eau (-1,65 %) est liée trois principaux facteurs. D'abord la baisse de la pluviométrie entraînant la disparition de certains affluents du N'Zi, ensuite l'accroissement rapide de la population dont les besoins en eau entraînent des prélèvements de plus en plus intenses dans les retenues d'eau [2] et enfin, le développement et l'expansion des activités d'orpaillage [12]. En effet, le développement et l'intensification de l'orpaillage entraîne une augmentation de la population dans la zone tout en favorisant l'augmentation d'effets complémentaires de ceux de l'extraction minière (expansion agricole, multiplication des constructions, déforestation, la dégradation des sols et la perte de la biodiversité) [6], [12], [33], [34], [35].

5 CONCLUSION

À l'issue de cette étude diachronique sur les images satellitaires Landsat TM (1988), ETM+ (2002), et OLI (2021), il en ressort que le paysage du département de Dimbokro a considérablement changé. Les six classes identifiées durant cette étude sont la forêt dense, la forêt dégradée, la savane, les cultures, les bâtis/ sols nus et l'eau. La dynamique de l'occupation du sol de 1988 à 2021 met en évidence une tendance régressive ou progressive des différentes classes. Ainsi, sur cette période de 33 ans, on observe une régression des classes forêts denses (-2,99 %), forêts dégradées (-2,32 %), cultures (-0,82 %) et eau (-1,65 %) par contre les classes savanes (+2,67 %) et bâtis/ sols nus (+4,12 %) sont en évolution. Ces résultats montrent que les changements du paysage dans le département de Dimbokro sont liés à une forte anthropisation traduisant l'apparition des sites d'orpaillage.

REFERENCES

- [1] J. Sandlos, and A. Keeling, «Environmental Justice Goes Underground? Historical Notes from Canada's Northern Mining Frontier», *Environmental Justice*, vol. 2, no 3, pp. 117–125, 2009.
- [2] N. M. R Fossou, «Variabilité de la pluviométrie et son incidence sur les ressources en eau, les écosystèmes environnementaux et modélisation hydrologique dans les départements de Bocanda et de Dimbokro (Centre-Est de la Côte d'Ivoire en Afrique de l'ouest), » Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, 225 p, 2015.
- [3] A. M. Kouassi, «Caractérisation d'une modification éventuelle de la relation pluie-débit et ses impacts sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest: cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire». Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, 234 p, 2007.
- [4] T. Ouattara, J-M. Dubois, et Q. H. J. Gwyn, «Méthode de cartographie de l'occupation des terres en milieu aride à l'aide de données multisources et de l'indice de végétation TSAVI», *Télédétection*, vol. 6, no. 4, pp. 291–304, 2006.
- [5] N. M. Ngom, M. Mbaye, D. Baratoux, L. Baratoux, T. Catry, N. Dessay, and Al, «Mapping artisanal and small-scale gold mining in Senegal using Sentinel 2 data», *GeoHealth*, vol. 4, 21 p, 2020.
- [6] S. S. Traore, S. Dembele, D. Dembele, N. Diakite, et C. H. Diakite, «Dynamique de l'occupation du sol et trajectoire du couvert végétal autour de trois sites miniers du Sud Mali entre 1988 et 2019, » *Physio-Géo*, vol. 17, pp. 151-166, 2022.
- [7] A. A. Saley, D. Baratoux, L. Baratoux, K. E. Ahoussi, K. A. Yao, and K. J. Kouame, «Evolution of the Koma Bangou Gold Panning Site (Niger) From 1984 to 2020 Using Landsat Imagery, » *Earth and Space Science*, vol. 8, 25 p, 2021.
- [8] B. A. Maïga, K. E. Kouadio, et O. Soumare, «Évaluation de la dynamique de l'occupation du sol engendrée par l'orpaillage dans le bassin de Banankoro, Région de Koulikoro, Sud-Ouest du Mali» *Afrique SCIENCE*, vol. 17, no. 3, pp. 28 – 39, 2020.
- [9] R. S. Lunetta, J. F. Knight, J. Ediriwickrema, J. G. Lyon, and L. D. Worthy, «Land-cover change detection using multi-temporal MODIS NDVI data, » *Remote Sensing of Environment*, vol. 105, no. 2, pp. 142-154, 2006.
- [10] N. Käyhkö, N. Fagerholm, B. S. Asseid et A. J. Mzee, «Dynamic land use and land cover changes and their effect on forest resources in a coastal village of Matemwe, Zanzibar, Tanzania, » *Land Use Policy*, vol. 28, no. 1, pp. 26-37, 2011.
- [11] Environmental Law Alliance Worldwide (ELAW), «Guide pour l'évaluation des EIE de projets miniers». *Première édition*, 130 p. 2010.
- [12] K. S. A. Yao, «Apport de l'hydrochimie et de la géochimie environnementale dans l'évaluation des ressources en eau des environnements miniers du département de Divo (Sud-ouest de la Côte d'Ivoire), » Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, 293 p, 2022.
- [13] J. A. Griffith, S. V. Stehman, T. L. Sohl and T. R. Loveland, «Detecting trends in landscape pattern metrics over a 20-year period using a sampling-based monitoring programme, » *International Journal of Remote Sensing*, vol. 24, pp.175 – 81, 1978.
- [14] Institut National de la Statistique (INS), «Données socio démographiques et économiques, » *Recensement Général de la Population et de l'Habitat, Région du N'Zi*, 2021.
- [15] B. D. Yao, I. Diaby, O. L. Nioule, Y. Kone, L. Zahiri et K. Lobognon, «Ministère des Mines. Notice explicative de la carte géologique feuille de M'Bahiakro 1/200000, » mémoire 2, 1990.
- [16] B. D. Yao, C. Délor, Y. Simeon, I. Diaby, G. Gadou, P. Kohou, A. Okou, S. Konaté et G. Konan, «Ministère des Mines et de l'Energie. Notice explicative de la carte géologique feuille de Dimbokro 1/200000, » mémoire. 6, 1995.
- [17] V. Monnier., *La végétation*, pp. 17-19. In P. Vennetier (Eds j.a.), *Atlas de la Côte d'Ivoire*, Paris, 72 p, 1978.
- [18] K. A. Yao, A. M. Kouassi, Y. B. Koffi, et J. Biemi, «Caractérisation hydrodynamique et hydrogéochimique des aquifères fissurés de la région de Toumodi (Centre de la Côte d'Ivoire),» *Journal of environmental hydrology*, vol. 18, pp. 455 – 470, 2010.

- [19] J. P. Donnay, «Les spartiocartes en composition colorée, » *Bulletin de la Société Géographique de Liège, Belgique*, pp. 43– 61, 2000.
- [20] M C. Girard et C M. Girard «La télédétection appliquée, zones tropicales et intertropicales, » *Dunod, Ed. Paris*, 529 p, 1999.
- [21] T. D. Soro, B. D. Kouakou, E. A. Kouassi, G. Soro, A. M. Kouassi, K. E. Kouadio, M. O. S. Yei, et N. SORO, «Hydroclimatologie et dynamique de l'occupation du sol du bassin versant du Haut Bandama à Tortiya (Nord de la Côte d'Ivoire), » *VertigO. La revue électronique en sciences de l'environnement*, vol. 13, no. 3, 22 p, 2013.
- [22] G. Soro, E. K. Ahoussi, E. K Kouadio, T. D. Soro, S. Oulare, M. B. Saley, N. Soro et J. Biemi «Apport de la télédétection à la cartographie de l'évolution spatio-temporelle de la dynamique de l'occupation du sol dans la région des Lacs (Centre de la Côte d'Ivoire), » *Afrique SCIENCE*, vol. 10, no. 3, pp. 146 – 160, 2017.
- [23] K. D. Kpedenou, O. Drabo, A. P. Ouoba, D. C. E. Da et T. T. K. Tchamie, «Analyse de l'occupation du sol pour le suivi de l'évolution du paysage du territoire ouatchi au sud-est Togo entre 1958 et 2015», *Cahiers du cerleshs, Presses de l'Université de Ouagadougou*, vol.31, no. 55, pp. 203 – 228, 2017.
- [24] G. Skupinski, D. Binhtran et C. Weber, «Les images satellites Spot multi-dates et la métrique spatiale dans l'étude du changement urbain et suburbain: le cas de la basse vallée de la Bruche (BasRhin, France), » *Cybergeog: European Journal of Geography*, article. 439, 2009.
- [25] S. Chalifoux, M. Nastev, C. Lamontagne, et R. Latifovic, «Cartographie de l'occupation et de l'utilisation du sol par imagerie satellitaire Landsat en hydrogéologie, » *Télédétection*, vol. 6, no. 1, pp. 9 – 17, 2006.
- [26] B. Bernier, «Introduction à la macroéconomie, » *Dunod, Paris*, 217 p.
- [27] Fao, Forest resources assessment. Survey of tropical forest cover and study of change processes, Forestry Paper, Roma, Ed 130, 1990.
- [28] Jr. R. G. Pontius, «Quantification error versus location error in comparison of categorical maps, » *Photogrammetric Engineering and remote sensing*, vol. 66, no. 8, pp. 1011- 1016, 2000.
- [29] Y. A. W. Noho, K. F. N'guessan et B. Z. Koli, «Caractérisation de la végétation du bassin versant du N'Zi (Côte d'Ivoire), » *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, no. 1, pp. 31 – 42, 2018.
- [30] G. Soro, «Évaluation quantitative et qualitative des ressources en eau souterraines dans la région des lacs (Centre de la Côte d'Ivoire): hydrogéologie et hydrochimie des aquifères discontinus du district de Yamoussoukro et du département de Tiebissou, » Thèse de Doctorat, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 250 p, 2010.
- [31] V. J. Mama et J. Oloukoj, «Evaluation de la précision des traitements analogiques des images satellitaires dans l'étude de la dynamique de l'occupation du sol, » *Télédétection*, vol. 3, no. 5, pp. 429 – 44, 2003.
- [32] K. E. N'guessan, «Étude de l'évolution de la végétation du « V Baoulé » (contact forêt/savane en Côte d'Ivoire) par télédétection, » *Télédétection sécheresse*. Ed. AUPELF-UREF, pp. 181-196, 1990.
- [33] J. Obodai, K. A. Adjei, S. N. Odai and M. Lumor, «Land use/land cover dynamics using Landsat data in a gold mining basin-the Ankobra, Ghana». *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, vol. 13, pp. 247-256, 2019.
- [34] M. A. Kamga, S. C. Nguemhe Fils, M. O. Ayodele, C.O. Olatubara, S. Nzali, A. Adenikinju et M. Khalifa, «Evaluation of land use/land cover changes due to gold mining activities from 1987 to 2017 using Landsat imagery, East Cameroon, ». *Geojournal*, vol. 85, pp. 1097-1114, 2019.
- [35] Y. U. Sikuzani, S. Boisson, S. C. Kaleba, C. N. Khonde, F. Malaisse, Halleux Jm., Bogaert J. et F. M. Kankumbi, «Dynamique de l'occupation du sol autour des sites miniers le long du gradient urbain-rural de la ville de Lubumbashi, RD Congo, » *Biotechnologie Agronomie, Société et Environnement*, vol. 24, no. 1, pp. 1-14, 2020.

Effet additif des légumineuses des systèmes multi-espèces sur la productivité du maïs, la fertilité des terres surexploitées et la rentabilité économique

[Additive effect of legumes in multi-species systems on maize productivity, fertility of overcultivated land and economic profitability]

Fofana Ben Ibrahima, Dominique Kadio Koua, Ediman Théodore Anicet Ebou, and Yao Casimir Brou

Laboratoire de Biotechnologies Végétale et Microbienne, UMRI 28-Sciences Agronomiques et Génie Rural, BP 1093
Yamoussoukro, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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 overexploitation of arable land has led to a decline in crop productivity in Côte d'Ivoire. In a context of scarcity of arable land, the search for innovative farming systems seems to be essential. This study was conducted in the Gôh region using a completely randomized block design to assess the effects of maize-legume associations on maize growth and productivity, profitability, and soil fertility restoration. Plantings were conducted at the same date for three cycles. The results showed that the maize-bean and maize-cowpea multispecies systems practiced on overexploited plots significantly improved the parameters: maize yields between the second and third year compared to maize simple crop and productivity evaluation and competitiveness. The total value of yield index (IER) and maize equivalent yield (MEY), concluded that even when poorly exploited, the maize-cowpea association was more profitable than purely cultivated maize. Chemical parameters were not significantly different. However, despite the use of minerals by the plants, the mineral contents remained the same or even high compared to the initial value. Multispecies systems are therefore a solution because they provide stable and sustainable yields and good profitability.

KEYWORDS: Multispecies system, productivity, competitiveness, monospecific crop, profitability, fertility, legume, maize.

RESUME: La surexploitation des terres cultivables a entraîné une baisse de la productivité des cultures en Côte d'Ivoire. Dans un contexte de rareté des terres cultivables, la recherche de systèmes agraires innovants semble primordiale. Cette étude conduite suivant une association culturale en lignes alternées a été menée dans la région du Gôh selon un dispositif en blocs aléatoires complètement randomisés, afin d'apprécier les effets des associations maïs-légumineuses sur la croissance et la productivité du maïs, la rentabilité, et la restauration de la fertilité du sol. Les semis ont été réalisés à la même date, pendant trois cycles. Les résultats ont montré que les systèmes plurispécifiques maïs-haricot et maïs-arachide pratiqués sur des parcelles surexploitées ont amélioré significativement les paramètres: de rendements maïs entre la deuxième et la troisième année par rapport à la culture pure, d'évaluation de productivité et de compétitivité. Les indices de la valeur totale du rendement (IER) et le rendement en maïs équivalent (MEY) ont permis de conclure que même mal exploité, l'association maïs-niébé a été plus rentable que les maïs en culture pure. Les paramètres chimiques n'ont pas été significativement différents. Cependant, malgré l'utilisation des minéraux par les plantes, les teneurs des minéraux sont restées identiques voire élevées par rapport à la valeur initiale. Les systèmes plurispécifiques sont donc une solution car ils fournissent des rendements stables et durables, et une bonne rentabilité.

MOTS-CLEFS: Plurispécifique, productivité, compétitivité, monospécifique, rentabilité, fertilité, Légumineuse, maïs.

1 INTRODUCTION

La forte croissance démographique dans les pays de l'Afrique subsaharienne a engendré une augmentation de la demande alimentaire. Selon une équipe de l'université de l'Illinois (2012) le rendement d'une culture continue de maïs diminuait de 2 à 30 % par rapport à celui d'une culture rotative de maïs-soja sur les mêmes périodes et cela malgré l'augmentation de la superficie agricole [1]. D'autres études ont montré que le rendement du maïs a baissé de 2,3 % à 1,9 % de 1990 à 2007 et de 24,6% par rapport à 2021 [2], [3]. Ainsi, l'agriculture intensive qui nécessite des intrants coûteux et la recherche de nouvelles terres fertiles semblent être la solution à cette problématique. Cependant elles exercent une pression néfaste sur l'écosystème par l'accroissement de la dégradation et la diminution de la fertilité des sols [4], [5]. Ces situations sont à l'origine d'une baisse continue de la productivité des cultures [6], [7]. Dès lors, les associations culturales qui impliquent des légumineuses apparaissent comme une alternative agroécologique pour la restauration de la fertilité des sols agricoles et l'accroissement des rendements et de la rentabilité. En réalité, les associations culturales sont pratiquées depuis l'aube de l'agriculture, mais elles ont progressivement disparu avec l'intensification durant le 20^e siècle, au profit des systèmes fondés sur des peuplements cultivés mono spécifiques [8]. Ces dernières années, l'utilisation d'intrants a permis d'accroître la productivité agricole. Malheureusement, certains intrants tels que l'azote (N) et le phosphore (P), subissent des pertes qui entraînent la pollution des nappes phréatiques, l'émission des gaz à effet de serre, l'eutrophisation des eaux de surface,... [9], [10]. Ces systèmes (*monospécifique, utilisation d'intrants...*) sont remis en cause aujourd'hui, avec l'émergence des préoccupations d'améliorer les facteurs de production, de préserver l'environnement et la biodiversité [8]. En vue de minimiser ces impacts négatifs sur l'environnement, tout en maintenant la productivité haute et stable, il est indispensable de développer des innovations destinées à l'intensification écologique des agrosystèmes [9], [10]. Un regain d'intérêt est alors observé pour les associations céréales-légumineuses qui pourraient être une piste pour une agriculture conciliant productivité, qualité et réduction des intrants. Le nombre de plantes associées par unité de surface chez le paysan varie de 2 à 7 [11], [12]. Ces associations opérées souvent au hasard, ne tiennent compte d'aucun critère spécifique visant une association génératrice de bénéfices réciproques, alors qu'une bonne exploitation de cette technique agricole pourrait être à l'origine d'une productivité durable et conséquemment, de l'autosuffisance et de la sécurité alimentaire. La présente étude a pour objectif d'évaluer la productivité du maïs suivant deux itinéraires (monospécifique et plurispécifique) impliquant trois légumineuses alimentaires répandues dans la région du Gôh, au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, afin d'évaluer les effets de ces associations sur les paramètres agromorphologiques du maïs, les paramètres d'évaluation de la productivité et de compétitivité des associations culturales, sur la rentabilité et la restauration de la fertilité du sol.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 LE SITE D'ÉTUDE

L'expérimentation a été conduite dans le village de Barouho, un quartier de la commune de Gagnoa (entre 5° 40 et 6° 10 N et 5° 50 et 6° 10 O) [13]. Les sols observés sont des ferralsols [14]. Le climat de la région de Gagnoa est de type subéquatorial à faciès attién. Le régime pluviométrique est bimodal. L'hygrométrie moyenne est de 77,9 %. L'écart moyen des températures varie 2,5°C à 4,3°C [13]. La végétation de Gagnoa appartient au domaine Guinéen, principalement au secteur mésophile [13].

2.2 MATÉRIELS ET LA CONDUITE DE L'EXPÉRIMENTATION

Le matériel végétal de cette étude est constitué de la variété de maïs KEJ à cycle court (75 jours) dont les grains sont jaunes. La variété contender de haricot nain. Il s'agit d'une variété dont le cycle semis-récolte est en moyenne de 50 à 60 jours et les grains sont volumineux et marrons. La variété de niébé KVX775-33-2G dont les grains ont une couleur blanche. La durée du cycle est de 90 jours. Enfin, la variété d'arachide 3-5A dont le cycle végétatif est de 90 jours. La parcelle utilisée dans le cadre de cette étude est une jachère de moins d'un an ayant des précédents culturaux manioc et abandonnée après un constat de la baisse considérable du rendement du manioc. Dans le cadre de cette étude qui associait le maïs aux différentes légumineuses ci-dessus, aucun fertilisant minéral ni organique n'a été apporté. Le Viper 46 BC (*m. a. Acétamipride 16 g/L + Indoxacarbe 30 g/L*) à la dose de 1 L/ha a été utilisé pour le contrôle des insectes ravageurs (*chenilles, mouches, pucerons, etc.*). Ce produit a été utilisé dès que les premières feuilles des plantes ont été dévorées par les insectes.

2.3 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

L'essai a été mis en place selon un dispositif en blocs aléatoires complètement randomisés avec trois (3) répétitions. Chaque bloc comporte 7 parcelles élémentaires de surface 16 m² (4m X 4m) qui portent les cultures. L'arrangement spatial du maïs et des légumineuses dans l'association est constitué de lignes alternées de maïs et de la légumineuse considérée (figure 1). Les

semis ont été effectués à la même date à une profondeur d'environ 3 à 4 cm, à raison de 2 à 4 grains par poquet selon l'espèce. Après la germination des graines, l'entretien des sous-parcelles tout le long de l'essai a été fait manuellement.

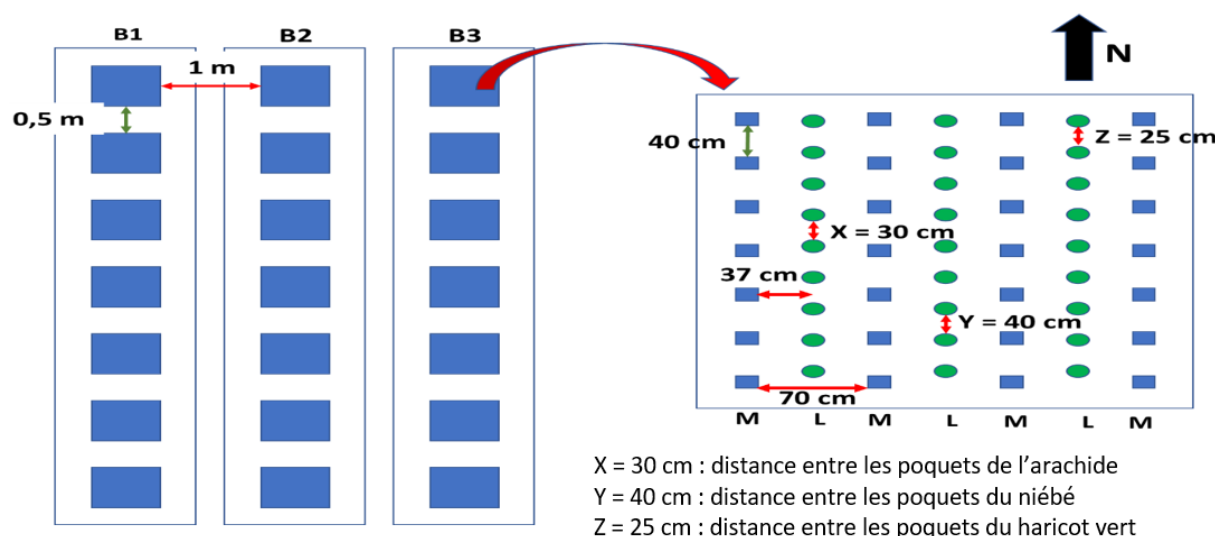


Fig. 1. Dispositif expérimental montrant l'espacement spatial et les distances entre poquets

2.4 COLLECTE DES DONNÉES ET ANALYSE STATISTIQUE

Des échantillons composites de sols ont été prélevés à l'aide d'un tube à échantillonnage adapté, à une profondeur de 15 cm par la méthode des diagonales. Cette méthode consiste à prélever les échantillons sur les diagonales et entre les mailles afin d'avoir un échantillon homogène représentatif de la parcelle. Ces échantillons ont été séchés à l'ombre, débarrassés des impuretés, tamisés, puis stockés dans des plastiques étiquetés. Ensuite ils ont été acheminés au laboratoire des sols de l'Ecole Supérieure d'Agronomie de Yamoussoukro (ESA) pour analyse de paramètres chimiques (Ph, Nt, C, Pass, CEC, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+). Cette opération a été effectuée avant les essais et après récoltes.

Divers paramètres ont été collectés au cours de cette étude sur les parcelles élémentaires contenant différentes techniques de culture du maïs. Ainsi par la méthode du carré de rendement, nous avons mesuré : la hauteur des plantes ; le poids moyen des grains d'épi de maïs ; le rendement en grains de maïs et à partir de ce dernier, nous avons obtenu le poids de mille grains de maïs. D'autres données ont été déterminées à partir de celles collectées. Ces données sont :

- Le taux de surface équivalente (*LER*) qui a été défini par [15] indique la superficie nécessaire pour obtenir en culture pure, la même production que les cultures associées [16]. Ce paramètre supérieur à 1, indique si les associations culturales sont avantageuses [17].
- Le taux de surface équivalente par unité de temps (*ATER*). Ce paramètre a été utilisé par [18], quand il a fait intervenir des espèces de cycles biologiques très différent. Lorsque $\text{ATER} > 1$, cela signifie que les rendements des associations ne sont pas affectés par la différence de durée de cycle entre les espèces en association par rapport à celle des cultures pures [19], [17].
- Le taux de compétitivité (*CR*) a été introduit comme indicateur d'évaluation de la compétition entre les espèces en association par [20] cité par [21]. Un *CR* du maïs supérieur à 1, indique la supériorité du maïs dans la compétition avec la légumineuse [17].
- Les indices de la valeur totale du rendement (*IER*) sont obtenus par la somme des produits de chaque rendement moyen des cultures associées par son prix sur le marché par rapport au rendement moyens des cultures pures maïs correspondantes [22].
- Les rendements en maïs équivalent (*MEY*). Cet indice est calculé à partir des rendements moyens des cultures associées et pures et des prix des légumineuses et du maïs [22].

Les données obtenues ont été soumises à une analyse multiple de la variance (MANOVA). Cette analyse nous a permis de vérifier si les différentes données de chaque paramètre étaient significativement différentes aux seuils de 5%, afin de poursuivre l'analyse statistique. Lorsque la différence était significative, nous utilisons le test de comparaison multiple des moyennes du test de student au seuil $\alpha = 5\%$ du logiciel statistique Gnuméric (version 1.10.16). Cette deuxième étape de l'analyse statistique a permis d'obtenir les groupes homogènes dégagés par chaque paramètre, permettant ainsi une classification au sein de chaque paramètre étudié.

3 RESULTATS

L'objectif de notre article est de montrer les effets de l'introduction de trois légumineuses alimentaires dans les systèmes de cultures incluant le maïs sur la productivité du maïs et aussi sur la fertilité du sol. Pour répondre à cette problématique, nous avons vérifié l'impact de l'addition des légumineuses sur la croissance et la productivité du maïs, sur des paramètres d'évaluation de la productivité et de la compétitivité des associations, sur des paramètres chimiques du sol et sur la rentabilité économique pour le paysan. Les résultats obtenus sont consignés dans les tableaux ci-après.

3.1 EFFETS ANNÉES DES SYSTÈMES DE CULTURES MONOSPÉCIFIQUES ET PLURISPÉCIFIQUES SUR LA CROISSANCE ET LA PRODUCTIVITÉ DU MAÏS

3.1.1 HAUTEURS DU MAÏS

L'analyse multiple de la variance a montré une différence hautement significative ($p < 0,05$) entre les hauteurs du maïs pour les systèmes de culture maïs pur (témoins) et le système de culture maïs associé au niébé au cours des trois années tandis que pour les systèmes qui associent le maïs au haricot et à l'arachide les différences entre les hauteurs du maïs n'ont pas été significatives (tableau 1).

Les résultats ont montré une chute des hauteurs du maïs dans les systèmes de cultures monospécifiques maïs seul (témoin) et plurispécifiques maïs-niébé (Manie) respectivement à partir de la deuxième et troisième année de 176 cm à 165 cm et de 173 cm à 66 cm. Tandis que les systèmes de culture plurispécifique maïs-haricot (Mahar) et maïs-arachide (Maara) ont stabilisé les hauteurs du maïs respectivement en moyennes à 183 cm et à 178 cm au cours des trois années (tableau 1).

Tableau 1. Effets années sur les hauteurs du maïs en culture seule et en cultures associées aux légumineuses

Effet année/paramètres	Hauteur maïs (Seul)	Hauteur maïs (Manie)	Hauteur maïs (Mahar)	Hauteur maïs (Maara)
Année 1	176,73 a	158,13 b	184,06 a	186,6 a
Année 2	165,05 b	173,20 a	184,53 a	178,6 a
Année 3	166,93 b	66,66 c	180,93 a	169,06 a
Écartype	5,81	50,07	2,59	9,21
$p < \alpha = 0,05$	0,0077	$1,92e^{-07}$	0,127	0,102
Significativité	***	***	NS	NS

*** très hautement significatif, NS: non significatif, les lettres identiques dans la même colonne indiquent que les moyennes des hauteurs du maïs ne sont pas significativement différentes alors que les lettres différentes indiquent le contraire. Manie = maïs + niébé; Mahar = maïs + haricot; Maara = maïs + arachide; Seul = maïs en culture pure

3.1.2 LE POIDS MOYEN DES GRAINS D'UN ÉPI DE MAÏS

L'analyse multiple de la variance a montré une différence hautement significative ($p < 0,05$) entre les poids des grains d'épi du maïs pour tous les systèmes de culture au cours des trois années (tableau 2).

Les résultats ont montré une baisse significative du poids des grains d'épi de maïs pour les systèmes de culture monospécifiques maïs pur et plurispécifiques maïs-niébé (manie) respectivement à la deuxième année de 38 g à 33 g et à la troisième année de 42 g à 30 g. Tandis que l'effet contraire est observé avec les systèmes de cultures plurispécifiques maïs-haricot et maïs-arachide qui ont vu le poids grains épi augmenté significativement à partir de la troisième année respectivement de 49 g à 54 g et de 43 g à 52 g (tableau 2).

Tableau 2. Effets années sur le poids grains épi du maïs en culture seule et en cultures associées aux légumineuses

Effet année/paramètres	Poids grains épi maïs (Seul)	Poids grains épi maïs (Manie)	Poids grains épi maïs (Mahar)	Poids grains épi Maïs (Maara)
Année 1	38,50 a	38,13 b	45,73 b	39 b
Année 2	33,20 b	42,33 a	49,06 b	43 ab
Année 3	32,93 b	30,33 c	54,93 a	52 a
Écartype	2,83	9,48	4,46	5,85
p < α= 0,05	0,0005	8,8 e ⁻⁰⁸	0,006	0,005
Significativité	***	***	***	***

*** très hautement significatif, les lettres identiques dans la même colonne indiquent que les moyennes des poids grains épi de maïs ne sont pas significativement différents alors que les lettres différentes indiquent le contraire. Manie = maïs + niébé; Mahar = maïs + haricot; Maara = maïs + arachide; Seul = maïs en culture pure

3.1.3 LE POIDS DE MILLE GRAINS DE MAÏS

L'analyse multiple de la variance a montré une différence hautement significative ($p < 0,05$) entre les poids de mille grains de maïs des différents systèmes de culture à l'exception de la culture maïs pure au cours des trois années (tableau 3).

Les systèmes de cultures plurispécifiques maïs-haricot, maïs-arachides et maïs-niébé ont amélioré significativement les poids de mille grains de maïs à partir de la deuxième année, respectivement de 174 g à 222 g; 166 g à 229 g; 173 g à 206 g. Ces résultats ont été confirmés à la troisième année. Par contre le système de culture monospécifique maïs pur (témoin) a montré une baisse significative du poids de mille grains à partir de la deuxième année de 178 g à 155 g (tableau 3).

Tableau 3. Effets années sur le poids mille grains de maïs en culture seule et en cultures associées aux légumineuses

Effet année/paramètres	Poids mille grains maïs (Seul)	Poids mille grains maïs (Manie)	Poids mille grains maïs (Mahar)	Poids mille grains maïs (Maara)
Année 1	178,66 a	173 c	174 c	166,66 c
Année 2	155,33 b	206 b	222,33 b	229,33 b
Année 3	169,33 b	248 a	287,66 a	267,33 a
Écartype	16,91	33,57	52,21	62,67
p < α= 0,05	0,240	0,0002	0,0011	0,007
Significativité	NS	***	***	***

*** très hautement significatif, NS: non significatif, les lettres identiques dans la même colonne indiquent que les moyennes les poids mille grains de maïs ne sont pas significativement différents alors que les lettres différentes indiquent le contraire. Manie = maïs + niébé; Mahar = maïs + haricot; Maara = maïs + arachide; Seul = maïs en culture pure

3.1.4 RENDEMENTS GRAINS DE MAÏS

L'analyse multiple de la variance a montré des différences hautement significatives ($p < 0,05$) entre les rendements grains de maïs pour tous les systèmes de cultures (monospécifique et plurispécifique) au cours des trois années (tableau 4).

Les résultats ont montré une baisse significative des rendements grains de maïs dans les systèmes de culture monospécifique maïs seul et plurispécifique maïs-niébé (manie) respectivement à partir de la deuxième année de 2890 kg à 2495 kg et à partir de la troisième année de 3174 kg à 2275 kg. Cependant les rendements grains ont été améliorés dans les systèmes cultures plurispécifiques maïs-haricot (mahar) et maïs-arachides (manie) à partir de la troisième année (tableau 4).

Il ressort que le système de culture monospécifique maïs-pur a fait baisser la croissance et la productivité du maïs, tandis que les systèmes de culture plurispécifique maïs-haricot et maïs-arachide ont amélioré significativement la croissance et la productivité du maïs, à l'exception du système plurispécifique maïs-niébé (tableau 4).

Tableau 4. Effets années sur le rendement grains de maïs en culture seule et en cultures associées aux légumineuses

Effet année/paramètres	Rendement grains maïs (Seul)	Rendement grains Maïs (Manie)	Rendement grains maïs (Mahar)	Rendement grains maïs (Maara)
Année 1	2890 a	2860 a	3430 b	2990 b
Année 2	2495 b	3174,75 a	3680 b	3230 b
Année 3	2450 b	2275 b	4190 a	3865 a
Écartype	213,46	295,69	377,5	404
$p < \alpha = 0,05$	0,0005	0,019	0,009	0,002
Significativité	***	**	***	***

*** très hautement significatif, **: hautement significatif, les lettres identiques dans la même colonne indiquent que les moyennes des rendements grains de maïs ne sont pas significativement différents alors que les lettres différentes indiquent le contraire. Manie = maïs + niébé; Mahar = maïs + haricot; Maara = maïs + arachide; Seul = maïs en culture pure

3.2 EFFETS DE L'INTRODUCTION DES LÉGUMINEUSES SUR LA CROISSANCE, LA PRODUCTIVITÉ ET LA COMPÉTITIVITÉ

3.2.1 EFFETS DES LÉGUMINEUSES SUR LA CROISSANCE ET LA PRODUCTIVITÉ

L'analyse multiple de la variance a montré des différences hautement significatives entre les moyennes des paramètres de croissance et de productivité du maïs (agro-morphologiques) des différents systèmes de culture (tableau 5).

Les résultats ont montré que les associations plurispécifiques maïs-haricot et maïs-arachides à l'exception du maïs-niébé ont amélioré significativement la hauteur, le poids grains épi, le poids mille grains et le rendement grains du maïs par rapport à la culture monospécifique maïs seul (témoin). Ces résultats ne nous pas permis de départager véritablement la culture plurispécifique maïs-niébé de la culture maïs pure. Cependant, le haricot a été plus efficace que l'arachide au niveau des poids grains épi et le rendement grain de maïs (tableau 5).

3.2.2 EFFETS DES LÉGUMINEUSES SUR LA COMPÉTITIVITÉ DU MAÏS

L'analyse multiple de la variance a aussi montré des différences hautement significatives entre les moyennes des critères d'évaluation de la productivité et de compétitivité des associations (ler; ater; cr) des différents systèmes de cultures (tableau 5).

Ces résultats ont montré des taux de surface équivalent (ler) supérieur à 1 pour toutes les associations culturales. Cela indique une meilleure gestion des surfaces et des rendements par les associations par rapport à la culture pure. Les taux de surface équivalent par unité de temps (ater) ont été aussi supérieur à 1 pour toutes les associations. Cela signifie que la différence de durée d'occupation des parcelles entre les espèces en association n'a eu aucun effet négatif sur les rendements. Le taux de compétitivité (Cr) a été supérieur à 1. Cela signifie que le maïs a été plus compétitif pour les ressources que la légumineuse dans les associations. Ce dernier critère est très intéressant dans le choix des légumineuses à associées au maïs pour un bon rendement du maïs. Plus le Cr est grand moins la légumineuse est compétitive. Cependant, le haricot a été plus efficace dans les associations avec le maïs que les autres légumineuses (tableau 5).

Tableau 5. Effets associations sur les paramètres agro-morphologiques et d'évaluation de la productivité et de compétitivité

Traitement/paramètres	Hauteur	Poids grain épi	Poids mille grains	Rendement grains	LER	ATER	CR
Maïs seul	170,7 c	34,91 c	162 c	2692 d	1 d	1 d	1 b
Maïs + arachides	182,3 a	45,06 b	221 a	3110 b	1,63 b	1,48 c	2,78 a
Maïs + haricot	184,6 a	49,91 a	228 a	3555 a	1,78 a	1,92 a	3,08 a
Maïs + niébé	165,6 d	34,04 d	209 ab	2860 c	1,54 c	1,58 b	2,77 a
P. value $< \alpha = 0,05$	1,65e ⁻¹⁸	2,97e ⁻¹⁷	4,83e ⁻⁰⁸	4,94e ⁻¹⁵	2,42e ⁻¹⁸	2,55 e ⁻²⁰	5,5e ⁻⁰⁸
Significativité	***	***	***	***	***	***	***

***: très hautement significatif, les lettres identiques dans la même colonne indiquent que les moyennes des poids grains d'épi du maïs ne sont pas significativement différents alors que les lettres différentes indiquent le contraire

3.3 EFFETS DES SYSTÈMES MONOSPÉCIFIQUES ET PLURISPÉCIFIQUES SUR LA FERTILITÉ DES PARCELLES

Les résultats relatifs à l'évolution des paramètres chimiques du sol des sous parcelles sont consignés dans le tableau 5 ci-dessous.

L'analyse multiple de la variance a montré que les différences entre les paramètres chimiques des parcelles n'ont pas été significative ($p > 0,05$) (tableau 6). Cependant, la comparaison des données des minéraux essentiels (azote (N), phosphore (P) et le potassium (K)), par rapport à la valeur initiale (valeur d'avant début des essais) a montré des tendances au cours des trois années par rapport à la valeur initiale (tableau 7).

Tableau 6. Comparaison des paramètres chimiques du sol entre les cultures

Traitements	PH	MO	C%	Nt%	C/N	P. assi (mg /kg)	CEC	Ca ²⁺ C.mol.kg1	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
Maïs pur	6,23	2,774	1,61	0,137	11,66	45,666	8,166	1,96	9,46	1,7	0,69
Mahar	6,26	2,619	1,52	0,134	12,2	48,666	7,946	1,93	9,57	1,26	0,59
Maara	5,9	2,648	1,54	0,139	11,75	50,33	8,4	1; 93	8,753	1,52	1,63
Manie	6,23	2,774	1,61	0,130	13	49,666	8,64	2,06	10,043	1,19	1,266
Val initial	6,2	2,88	1,68	0,12	14	67	10,56	2,43	0,704	0,099	0,034
p<0,05	0,0701	0,4546	0,913	0,893	0,099	0,7354	0,2442	0,9914	0,6459	0,4547	0,5293
Significativité	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Ns: non significatif, MO: matière organique, C: carbone; N: azote, Passi: phosphore assimilable;

Au niveau de l'azote (N), le système monospécifique maïs pur a connu une amélioration de l'azote les deux premières années (0,15 et 0,16) avant de chuter à 0,10 à la troisième année en dessous de la valeur initiale (0,12). Par contre les systèmes plurispécifiques maïs-haricot, maïs-arachide et maïs-niébé, bien qu'avec un taux d'azote faible les deux premières années ont pu améliorer ce taux la troisième année respectivement à 0,18, 0,15, 0,14 et le rendre supérieur à la valeur initiale (0,12) (tableau 7). Tous les systèmes de cultures monospécifique et plurispécifique ont amélioré le potassium (k) à la troisième année par rapport à la valeur initiale, cependant nous avons observé l'effet contraire sur le phosphate assimilable.

Tableau 7. Evolution des minéraux essentiels indispensables au développement du maïs

Trait /ME	AZOTE (N)				PHOSPHORE (P)				POTASSIUM (k)			
	An 0	An 1	An2	An3	An 0	An1	An2	An3	An 0	An1	An2	An3
Maïs pur	0,12	0,15	0,16	0,10	67	71	32	34	0,099	0,120	0,138	0,147
Mahar		0,12	0,10	0,18		73	39	34		0,093	0,08	0,129
Maara		0,13	0,13	0,15		69	37	45		0,094	0,146	0,130
Manie		0,15	0,10	0,14		67	47	35		0,103	0,087	0,108

An: année; trait: traitement; ME: minéraux essentiels

3.4 EFFETS DES SYSTÈMES DE CULTURES MONOSPÉCIFIQUES ET PLURISPÉCIFIQUES SUR LA RENTABILITÉ

La rentabilité économique des systèmes de culture a été évaluée par l'indice de la valeur totale du rendement (IER) et les rendements en maïs équivalent (MEY). Les résultats sont consignés dans les tableaux ci-dessous.

3.4.1 EFFETS DES SYSTÈMES SUR L'INDICE DE LA VALEUR TOTALE (IER)

Les analyses statistiques n'ont pas été réalisée car ces valeurs ont été obtenues à partir de données qui ont déjà été analysée statistiquement.

Les résultats ont montré des IER > 1 pour toutes les associations. Cela signifie que les associations maïs-haricot, maïs-arachide et maïs-niébé sont plus rentable économiquement par rapport au maïs en culture pure (tableau 8). A partir de cet indice, nous pouvons constater que malgré sa mauvaise influence sur le maïs en association, l'association maïs-niébé (IER>1)

est plus rentable pour le paysan par rapport à la culture pure de maïs. Cependant pour rendre encore cette rentabilité plus parlante, nous avons déterminé l'équivalent du rendement de la légumineuse dans l'association en rendement de maïs que nous avons ajouté au rendement du maïs associé (tableau 9).

Tableau 8. *Indice de la valeur totale du rendement (IER) des associations maïs-légumineuses en fonction de leur prix sur le marché en côte d'ivoire*

Association	IER Niébé 700 f/ Kg	IER Haricot 1400 f/ Kg	IER Arachide 800/Kg
Année 1	1,37	1,59	1,81
Année 2	1,93	1,88	1,61
Année 3	1,81	2,15	1,91
Moy (IER)	1,70	1,87	1,77

3.4.2 EFFET DES SYSTÈMES SUR LE RENDEMENT EN MAÏS ÉQUIVALENT (MEY)

Aucune analyse statistique n'est effectuée à partir du MEY, car il exprime la rentabilité des cultures en rendement de maïs pur, et est calculé à partir de valeurs moyennes déjà analysées au préalable.

Les résultats ont montré que tous les rendements en maïs équivalent (MEY) sont largement supérieurs par rapport au rendement du maïs en culture pure. Cet indice est d'autant plus intéressant qu'il permet de distinguer clairement l'avantage de l'association maïs-niébé (3905,61 kg) sur le maïs en culture pure (2611,66 kg). Ce qui n'était pas le cas avec les paramètres agro-morphologiques. Ainsi, le classement en fonction de la rentabilité des systèmes de culture a donné dans l'ordre les associations: maïs-haricot (2438958 F); maïs-arachides (2039651,66 F); maïs-niébé (1952809 F) et maïs pur (1305833,3 F).

Tableau 9. *Les rendements en maïs équivalent (MEY), obtenus à partir des légumineuses en association*

MEY Kg maïs/ ha	RDT maïs pur	MEY Niébé	MEY Haricot	MEY Arachide
Année 1	2890	3962,234	4612,37	3463,24
Année 2	2495	4527,27	4702,68	4037,09
Année 3	2450	3227,35	5318,708	4737,58
Moy (MEY)	2611,66	3905,61	4877,91	4079,30
Revenu moyen (500 F)	1305833,33 F	1952809 F	2438958 F	2039651,66 F

F: franc cfa

4 DISCUSSIONS

4.1 EFFET DES ANNÉES SUR LA CULTURE MONOSPÉCIFIQUE DU MAÏS

La culture monospécifique du maïs a montré une diminution progressive de ses paramètres agro-morphologiques au fil des années. Cela s'explique par la réduction progressive de la fertilité du sol de culture. En effet, les minéraux utilisés par les plants de maïs ne sont pas renouvelés. En plus, la pratique monoculture favorise les adventices qui livrent une compétition au maïs pour les ressources du sol. Ce qui réduit rapidement la fertilité du sol et la productivité du maïs. Ces résultats sont corroborés par les tendances observées au niveau de l'évolution des minéraux essentiels pour le maïs (azote (N) et phosphore (P)) qui ont été améliorés les premières années suite à une minéralisation de la matière organique préexistante. Ce gain de minéral a été épuisé suite aux activités nutritives du maïs et des adventices sans toutefois être renouvelé. Ce résultat Justifie ainsi la baisse continue des rendements agricoles telle que constatée dans notre étude et par les paysans. Ces résultats sont analogues à ceux d'autres études qui ont montré que la culture d'une seule espèce sur plusieurs années successives, sur une même parcelle favorise le développement des ennemis cultureux (maladies, ravageurs, adventices, etc.), pouvant mettre ainsi en péril la durabilité de la production de la culture et induire une faible résilience du système de culture [23], [25]. Dans le même ordre d'idée, d'autres travaux ont aussi montré en Alsace que la monoculture de maïs subit une forte pression d'adventices, est touchée par le problème de la chrysomèle (maladies des racines du maïs) et est partiellement responsable de pertes de biodiversité [26], [27]. Toutes ces situations engendrées par les effets de la pratique du système monoculture du maïs la rend inefficace. Alors, les paysans qui pratiquent ce système vont avoir la tentation de s'orienter vers de nouvelles terres jugées plus fertiles, engendrant ainsi des conflits fonciers très violent, aboutissant souvent à des morts hommes. Dans un contexte de

rareté des terres cultivables et du prix élevé d'intrants chimiques qui par ailleurs favorisent la pollution de l'environnement, la recherche de solutions agraires innovantes qui concilient productivité durable et agroécologie apparaît primordiale.

4.2 EFFET DES ANNÉES SUR LES CULTURES PLURISPÉCIFIQUES MAÏS-LÉGUMINEUSES

-Les hauteurs des plants des cultures maïs-haricot (mahar) et maïs-arachides (maar) n'ont pas changé significativement et un seul groupe homogène α se dégage (tableau 1). Les hauteurs maximales des plants de maïs et leur stabilité pourraient s'expliquer par l'effet de l'introduction des légumineuses dans les systèmes de culture, qui dès la première année s'est traduit par un apport d'azote issu de la fixation symbiotique et de la minéralisation de la matière organique préexistante. Cette explication est corroborée par les chutes des hauteurs du maïs observées en culture monospécifique, et aussi par les tendances à la hausse de l'azote (N) en cultures plurispécifiques, contrairement à la culture monospécifique (tableau 7). En effet les deux espèces en association n'ont pas les mêmes périodes d'absorption de l'azote et du phosphore qui sont nécessaires à la croissance du maïs. De plus les apports de l'azote symbiotique et les résidus des légumineuses permettent la fertilisation du sol. Ce qui n'est pas le cas du système monocultural du Maïs qui utilise l'azote disponible sans pouvoir le restaurer. D'autres études similaires ont montré que la taille du maïs n'est pas affectée par l'association avec la légumineuse [28], [29]. Il ressort de notre travail que la légumineuse joue un rôle important dans la croissance des plants de maïs et leur biomasse aérienne.

-Les paramètres rendements en grains (poids moyen des grains d'un épi, le poids de mille grains et le rendement grains de maïs) ont augmenté significativement à partir de la deuxième et la troisième année d'essai pour les cultures plurispécifiques maïs-haricot; maïs-arachide à l'exception du maïs-niébé, contrairement à la culture monospécifique maïs pur qui a montré un effet inverse (tableau 2,3,4). Cela est dû aux rôles importants des légumineuses dans l'amélioration de la stabilité et de la fertilité du sol. En effet, après l'épuisement de l'azote initial du sol, favorisant les résultats observés en culture monospécifique du maïs, d'autres voies de régénération de l'azote s'offrent aux cultures plurispécifiques, notamment la fixation symbiotique et les résidus de légumineuses. Ces explications sont confirmées par les tendances données par le taux d'azote observé aussi bien pour les cultures monospécifique et plurispécifiques (tableau 7). En effet, nous avons une meilleure efficacité des mélanges pluri spécifiques pour l'utilisation des ressources du milieu (eau, lumière, nutriments dont l'azote et le phosphore) et un transfert à la céréale de l'azote fixé par la légumineuse pendant le temps de la culture associée [30], [31]. Aussi Grâce à son système racinaire plus profond et à sa croissance plus rapide, la céréale est plus compétitive que la légumineuse pour l'utilisation de l'azote minéral du sol, "forçant" ainsi la légumineuse à dépendre davantage de l'azote atmosphérique pour sa nutrition azotée au moyen de la fixation symbiotique. Cette complémentarité de niche entre les deux espèces associées pour l'utilisation des deux sources d'azote explique en grande partie les performances couramment supérieures observées pour les associations par rapport aux cultures mono spécifiques [32]. Des travaux similaires aux nôtres ont montré que la céréale voit sa production en grains augmentée en moyenne dans les associations Maïs-légumineuses par rapport à la culture pure [28], [16], [33], [34]. D'autres recherches ont aussi montré que les rendements des associations sont comparables voire supérieurs à la moyenne des rendements des légumineuses et des céréales cultivées séparément [35], [36], [20].

Cependant, l'association Maïs-niébé (manie) a montré une baisse significative des paramètres agro morphologiques car le niébé est une plante envahissante qui utilise le maïs comme un tuteur, empêche sa croissance et son développement en lui livrant forte une compétition pour les réserves. Ces résultats sont confirmés par le taux de surface équivalent obtenu (LER = 1,07). Cette valeur qui dépasse 1 de justesse témoigne d'un très faible avantage de l'association avec le niébé dû à une résistance accrue du niébé dans la compétition. D'autres travaux similaires ont montré la supériorité des rendements du maïs des associations maïs-niébé [33]. Bien que contraire à nos résultats, cette différence pourrait s'expliquer par une méconnaissance de la technique culturale incluant le niébé notamment au niveau l'arrangement spatial, la distance entre les pieds des espèces associées, les dates de semis les densités et même la nature de l'espèce.

4.3 EFFET DES SYSTÈMES MONOSPÉCIFIQUES ET PLURISPÉCIFIQUES SUR LES PARAMÈTRES CHIMIQUES DU SOL

L'analyse multiple de la variance n'a montré aucune différence significative entre les paramètres chimiques du sol (tableau 6). Néanmoins vue sur d'autres angles les tendances à la stabilité ou à l'augmentation par rapport à la valeur initiale observées au niveau de certains minéraux (Nt, C, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) et surtout l'azote (N) dans les systèmes plurispécifiques, nous rendent optimiste. En effet, malgré l'utilisation de ces minéraux par les cultures associées dont les densités sont plus élevées que celle des cultures pures, les teneurs des minéraux demeurent au même niveau ou même au-delà de la valeur initiale après les expérimentations. Tout porte à croire que les minéraux ont été remplacés voire améliorés après leurs utilisations si non les teneurs auraient diminué significativement. Ces résultats sont corroborés par les rendements grains croissant obtenus en systèmes plurispécifiques. Par contre, en système monospécifique le rendement du maïs chute avec le taux d'azote (N) alors qu'en système plurispécifique, c'est l'effet contraire qui est observé (tableau 7). La non significativité des résultats pourrait

s'expliquer par la nature du sol et le temps d'expérimentation insuffisant (3 années). D'autres études similaires n'ont eu de différence significative entre les paramètres chimiques des sols de culture au bout de trois années successives [37].

4.4 EFFET DES ASSOCIATIONS SUR LA PRODUCTIVITÉ ET LA COMPÉTITIVITÉ DES CULTURES ASSOCIÉES

Les paramètres d'évaluation de la productivité et de la compétitivité (LER, ATER, CR) ont été significativement supérieurs à 1 pour toutes les cultures plurispécifiques (tableau 5). Cela explique la performance des associations culturales par rapport au culture pure du maïs au niveau de la gestion des surfaces cultivables, de la durée d'occupation des parcelles et des rendements. En effet, les gains consécutifs aux cultures plurispécifiques par rapport aux cultures mono spécifiques s'expliquent par des relations bénéfiques de complémentarité et de facilitation entre les deux espèces associées pour l'utilisation des ressources du milieu. D'autres travaux similaires ont montré que le système plurispécifique est plus avantageux que le système monospécifique, avec des taux de surface équivalents ($LER > 1$) [38], [39], [29], [16], [34], [22]. En plus le taux de compétitivité ($CR > 1$), montre qu'au cours de nos travaux le Maïs a été plus compétitif que la légumineuse pour les nutriments et cette compétitivité change d'une culture à l'autre du fait de la résistance qui varie d'une légumineuse à l'autre. En effet, grâce à son système racinaire plus profond et à sa croissance plus rapide, la céréale est plus compétitive que la légumineuse pour l'utilisation de l'azote minéral du sol, "forçant" ainsi la légumineuse à dépendre davantage de l'azote atmosphérique pour sa nutrition azotée au moyen de la fixation symbiotique. Des travaux ont aussi montré des taux de compétitivité élevés ($CR > 1$) [28], [32]. Le CR permet donc de faire le choix de la légumineuse la moins compétitive à associer au maïs pour un bon rendement de celui-ci en tenant compte des critères CR maïs élevés ou CR légumineuse faible. Ces paramètres d'évaluation de la productivité (LER, ATER) et de compétitivité (CR) des associations confirment avec celle des paramètres agro-morphologiques du maïs que les associations maïs-légumineuses sont plus avantageuses pour faire face aux problèmes de baisses progressives de rendement et pourraient être une solution aux problèmes engendrés par la recherche de nouvelles terres cultivables, tels que des conflits fonciers et de dégradation de l'environnement.

4.5 EFFETS DES SYSTÈMES DE CULTURES MONOSPÉCIFIQUES ET PLURISPÉCIFIQUES SUR LA RENTABILITÉ

-Les indices de la valeur totale du rendement (IER) du haricot, de l'arachide et du niébé ont été supérieurs à 1 pour des prix suivants sur le marché (tableau 8): haricot = 1400 francs/ kg; arachide = 800 francs / kg; niébé = 700 francs/ kg et le maïs = 500 francs/ kg. Ces valeurs expliquent que les systèmes plurispécifiques sont plus rentables pour le paysan que le système monospécifique. Ces résultats sont corroborés par les rendements déjà élevés du maïs sans ceux des légumineuses en systèmes plurispécifiques par rapport au système monospécifique. En effet, Les indices de la valeur totale du rendement (IER) sont obtenus par la somme des produits de chaque rendement moyen des cultures associées par son prix sur le marché par rapport au rendement moyen des cultures pures maïs correspondants. Des résultats similaires ont été obtenus par Chappuis [22] qui a montré que l'association maïs-haricot est rentable que le maïs en culture pure avec des prix de vente de 10 CHF/ kg.

-Les résultats ont aussi montré que tous les rendements en maïs équivalents (MEY) sont largement supérieurs par rapport au rendement du maïs en culture pure (tableau 9). Ces valeurs expliquent que les systèmes plurispécifiques sont plus rentables pour le paysan que le système monospécifique. Ces résultats sont corroborés par les rendements déjà élevés du maïs sans ceux des légumineuses en systèmes plurispécifiques par rapport au système monospécifique. Cet indice est d'autant plus intéressant qu'il permet de distinguer clairement l'avantage de l'association maïs-niébé sur le maïs en culture pure, montrant ainsi, que même si elle est mal menée, le système plurispécifique est plus rentable que le système monospécifique de maïs. En effet cet indice est obtenu en convertissant le rendement de la légumineuse en maïs et cela est ajouté au rendement du maïs dans l'association de sorte que les rendements associés s'expriment en kg de maïs/ ha. Des travaux similaires ont montré que Les revenus générés par les associations sont donc supérieurs, dans l'ensemble à la culture pure de maïs [22].

4.6 IDENTIFICATION DES LÉGUMINEUSES PAR LEURS PERFORMANCES SUR LES RENDEMENTS ET LA RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE

Le test de student a révélé quatre groupes homogènes *a*, *b*, *c*, *d* au niveau des rendements grains, indiquant une différence significative entre les quatre cultures comparées. Le groupe *a* désigne la culture la plus performante et le groupe *d*, la moins performante. Partant de ce principe, l'ordre décroissant de performance des cultures est le suivant: la culture maïs-haricot (Mahar), la culture maïs-arachides (Maara), la culture maïs-niébé (manie) et enfin la culture maïs pur. Ces résultats sont corroborés par des LER, CR, IER supérieures à 1 et aussi par le MEY maïs des associations supérieures au rendement du maïs pur. En effet, la concurrence livrée par le haricot au maïs pour les ressources est faible par rapport à celle de l'arachide et du niébé. La faible concurrence livrée au maïs laisse suffisamment d'azote pour un bon développement et une bonne croissance du maïs rendant ainsi l'association maïs-haricot plus avantageuse que les autres associations de notre étude. Des travaux similaires ont montré que le haricot semble être la bonne plante compagne la mieux adaptée à l'association avec le maïs [40],

[22]. Nous pouvons donc conclure en accord avec ces résultats que le haricot est la légumineuse la plus adaptée à associer au maïs pour améliorer et stabiliser la productivité et la rentabilité tout en préservant l'environnement. Les paysans pourraient utiliser les systèmes plurispécifiques pour accroître et stabiliser leurs rendements et avoir une bonne rentabilité économique sans intrants et en utilisant la même parcelle de culture.

5 CONCLUSION

Pour améliorer le rendement en grain du maïs tout en préservant l'environnement des effets néfastes des intrants chimiques et la déforestation, cette étude a été menée. Il est ressorti de l'analyse des résultats que les systèmes plurispécifiques (maïs-haricot, maïs-arachides) à l'exception du maïs-niébé sur la même parcelle chaque année, ont amélioré significativement le poids moyen des grains d'épi, le poids de mille grains et le rendement grains entre la deuxième et la troisième année d'essai (tableau 4) par rapport au maïs pur. Ensuite, avec des taux de surface équivalent (Ier), taux de surface équivalent par unité de temps (ater), le taux de compétitivité (cr) supérieurs à 1, ces systèmes ont montré une meilleure gestion des surfaces cultivables, du temps d'occupations et une compétition pour les ressources en faveur du maïs par rapport à la culture pure du maïs. Montrant ainsi dans l'ordre les meilleures légumineuses à associer au maïs pour un bon rendement de celui-ci. En plus les indices de la valeur totale du rendement (IER) supérieur à 1 et le rendement en maïs équivalent (MEY), largement supérieur au rendement du maïs pur ont montré que les systèmes plurispécifiques sont plus rentables économiquement pour les paysans que la culture pure du maïs. Ces derniers indices ont même montré que malgré une mauvaise maîtrise de l'itinéraire cultural maïs-niébé qui a montré sa mauvaise influence sur les paramètres agro-morphologiques du maïs, cette association demeure largement rentable économiquement par rapport à la culture pure du maïs. Enfin, les trois années d'étude ne nous a pas permis d'obtenir une amélioration significative des paramètres physico-chimiques du sol, car ce temps d'étude semble court. Néanmoins vue sur d'autres angles les tendances à la stabilisation ou à l'augmentation par rapport à la valeur initiale observées au niveau de certains minéraux (Nt, C, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) et surtout l'azote (N) dans les systèmes plurispécifiques malgré leurs utilisations régulières par les plantes associées, nous rend optimiste pour une amélioration des teneurs. Optimisme renforcé par les rendements grains obtenus en systèmes plurispécifiques.

Il ressort de ces résultats que La promotion des associations maïs-légumineuses doit-être envisagée en milieu paysan, dans la mesure où sans intrants, elles améliorent généralement: le rendement de la culture principale maïs, la diversité, la gestion des parcelles, utilisation des ressources, la rentabilité économique, durabilité des systèmes. Par rapport à la culture pure. De plus, même mal exploiter (maïs-niébé), les systèmes plurispécifiques se sont montrés plus rentable économiquement que la culture pure de maïs. Cependant, il est nécessaire de former les paysans au respect de certains critères de base indispensables à la bonne maîtrise des associations culturales afin qu'ils bénéficient des avantages réels de ce système. Il s'agit de l'arrangement spatial, la distance entre les pieds des espèces associées, les dates de semis et les densités, le choix des légumineuses.

REFERENCES

- [1] M. Agriculture, «Culture continue du maïs: pourquoi une baisse de rendements.» p. Source : Agriculture du Maghreb, 2012.
- [2] M. Petit, «Pour une agriculture mondiale productive et durable,» *Éditions Quæ*, p. 120P., 2011.
- [3] Cultiveille, «La production de maïs revue à la baisse par le ministère de l'Agriculture,» *culture*, p. www.cultivar.fr/l-actu-des-marches/cultures/la-pro, 2022.
- [4] G. Milleville, Pierre, Serpantié, «Dynamiques agraires et problématique de l'intensification de l'agriculture en Afrique soudano-sahélienne : Agrarian dynamics and the question of the intensification of farming in the Sahelian and savanna zones of Africa. Mossoa,» *Comptes Rendus l'Académie d'Agriculture Fr.*, pp. 80, 149-161., 1994.
- [5] K. BADABATÉ, Diwediga, Hounkpe, K., Wala, K., Batawila, K., taton, t., Akpagana, «Agriculture de contre saison sur les berges de l'oti et ses affluents,» *African Crop sci. J.*, pp. 20, 613-624., 2012.
- [6] G. Shepherd, Keith.D., Palm, C.A. and B. C.N., Vanlauwe, «Rapid characterization of organic resource quality for soil and livestock management in tropical agroecosystems using near- infrared spectroscopy,» *Agron. J.*, pp. 95, 1314-1322, 2003.
- [7] D.-G. J. M. Saïdou, A., Kossou, D., Azontondé, A. et Hougni, «Effet de la nature de la jachère sur la colonisation de la culture subséquente par les champignons endomycorhiziens : cas du système 'jachère' manioc sur sols ferrugineux tropicaux du Bénin,» *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, pp. 3 (3): 587-597., 2009.
- [8] G. et al. Duc, «Importance économique passée et présente des légumineuses : Rôle historique dans les assolements et facteurs d'évolution,» *Innov. Agron.*, p. 11, pp.1-24, 2010.

- [9] P. Hinsinger, «Les Cultures Associées Céréale / Légumineuse En agriculture « bas intrants » dans le Sud de la France», 2012. Accessed: Mar. 16, 2019. [Online]. Available: <http://inra-dam-front-resources-cdn.brainsonic.com/ressources/afile/246508-6e585-resource-article-inra-toulouse-cultures-associees.html>.
- [10] Denhartigh Cyrielle. et Metayer N., «Diagnostic des filières de légumineuses à destination de l'alimentation humaine en France. Intérêt environnemental et perspectives de développement.», <http://redirect.hp.com/svs/rdr.>, p. 53 p., 2015.
- [11] et C. M. Bahan F., Kéli J., Yao-Kouamé A., Gbakatchéché H., Mahyao A., Bouet A., «Caractérisation des associations culturales à base de riz (Oryzasp) : cas du Centre-Ouest forestier de la Côte d'Ivoire.», *J. Appl. Biosci.*, pp. 56, 4118–4132, 2012.
- [12] «Beniga M. B., 2014. Diagnostic des systèmes de culture à base de mil [Pennisetum glaucum (L.) R. Br.] en Côte d'Ivoire et perspectives d'amélioration. *J. Appl. Biosci.* 79, 6878-6886.», *Rapp. Final. Union Natl. des Prod. Cot. du Burkina Faso (UNPCB), BoboDioulasso, Burkina Faso*, p. 51P.;, 2008.
- [13] Y. G. R. N'GORAN Kouadio Emmanuel, KASSIN Koffi Emmanuel, ZOHOURI Goli Pierre, N'GBESSO Mako François De Paul, «Performances agronomiques des associations culturales igname-légumineuses alimentaires dans le Centre-ouest de la Côte d'Ivoire.», *J. Appl. Biosci.*, pp. 43: 2915 – 2923, 2011, Accessed: Jun. 03, 2019. [Online]. Available: http://agritrop.cirad.fr/584635/1/Thèse_K_Coulibaly_2012.pdf.
- [14] K. Zoumana, G. Bi, T. Jérémie, M. F. Gustave, and S. Aïdara, «Alternatives à la fertilisation minérale des sols en riziculture pluviale de plateau : apports des cultures du soja et du niébé dans la fertilité d'un ferralsol hyperdystrique au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire», *Sci. York*, pp. 3859–3869, 2012.
- [15] R. M. R. Willey R.W., «A competitive ratio for quantifying competition between intercrops.», *Exp. agric.*, pp. 16: 117-125., 1980.
- [16] N. Akanza Kouadjo Paul, «Performances agronomique et économique des systèmes de culture à base de maïs (Zea mays L.) et d'arachide (Arachis hypogaea L.) au nord de la Côte d'Ivoire», *Sci. la vie, la terre Agron. Rev. Cames*, vol. 05 N, p. ISSN 2424-7235, 2017.
- [17] B. I. A. Z. B. T. S. Doubi, K. I. Kouassi, K. L. Kouakou, K. K. Koffi, J. Baudoin, «Existing competitive indices in the intercropping system of Manihot esculenta Crantz and Lagenaria siceraria (Molina) Standley, ' December, 2016.», vol. 9145, 2016, doi: 10.1080/17429145.2016.1266042.
- [18] O. B. Baldy Ch., N'Guessan A.E., «Quelques aspects de la bioclimatologie dans les cultures associées de plantes annuelles. Fruits, Bandyopadhyay», pp. 43 (5): 273-287., 1987.
- [19] Yahuza, «Review of some methods of calculating intercrop efficiencies with particular reference to the estimates of intercrop benefits in wheat/faba bean system.», *Int J Biosci*, pp. 1: 18–30, 2011, doi: 10.1080/17429145.2016.1266042.
- [20] J. Caplat, «Les cultures associées, clef du rendement», *Univ. Abomey-Calavi*, p. 5p, 2014.
- [21] A. M. Uddin MKB, Naznin S, Kawochar MA, Choudhury RU, «Productivity of wheat and peanut in intercropping system.», *J Expt Biosci.*, pp. 5: 19–26, 2014.
- [22] A. CHAPPUIS, «Étude de l'association de cultures maïs-haricot comme moyen de gestion des adventices, et impacts sur les rendements.», *Bachelor Sci. HES-SO en Agron.*, p. 4P., 2021.
- [23] N. Schaller, «La diversification des assolements en France : intérêts, freins et enjeux. Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt Secrétariat Général. Août 2012. », *Cent. d'études Prospect.*, no. n° 51, p. 4 p., 2012.
- [24] M.-C. Virion, «Plan National d'Actions en faveur du Hamster Commun (Cricetus cricetus) et de la biodiversité de la plaine 2019-2028.», *Dir. Régionale l'Environnement, l'Aménagement du Logement Gd. Est*, p. 130p., 2018.
- [25] L. Adeux, G., Giuliano, S., Cordeau, S., Savoie, J.-M., Alletto, «Low-Input Maize-Based Cropping Systems Implementing IWM Match Conventional Maize Monoculture Productivity and Weed Control.», *Agriculture.*, p. 17p. doi: 10.3390/agriculture7090074 sur www.mdpi.c, 2017.
- [26] DREAL, «Le plan national d'actions en faveur du hamster commun (Cricetus cricetus) et de la biodiversité de la plaine d'Alsace (2019-2028)», *Plan Natl. d'Action HAMSTER*, p. Consulté le 21-10-2022, 2020.
- [27] J. W. Perlette Totoson, «Caractérisation de systèmes de culture innovants alternatifs à la monoculture de maïs pour la modélisation territoriale», *HAL Id hal-02911770* <https://hal.inrae.fr/hal-02911770>, p. 2P.;, 2020, Accessed: Aug. 14, 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429085900243>.
- [28] P. Salez, «Ecole Nationale Supérieure Agronomique De Montpellier. Documentatiopi Compréhension Et Amélioration De Systèmes De Cultures Associées Céréale-Légumineuse Au Cameroun.»,
- [29] N. Kouassi, J. Tonessia, D. Charlotte, S. J. Gogbeu, and S. D. Faustin, «Influence du décalage de semis du maïs (Zea mays L.) et du bambara groundnut (Vigna subterranea (L.) Verdc.) sur leur production en zone savannicole de la Côte d'Ivoire», pp. 9745–9755, 2016.
- [30] C. B. Fustec J, Lesufleur F, Mahieu S, «Nitrogen rhizodeposition of legumes.», *A Rev. Agron. Sustain. Dev.*, pp. 30: 57-66., 2010.

- [31] K. Coulibaly, «Effets des associations maïs-légumineuses sur le rendement du maïs (*Zea mays* L.) et la fertilité d'un sol ferrugineux tropical à l'Ouest du Burkina Faso,» no. December, 2017.
- [32] Pelzer Elise, «La complémentarité pour l'acquisition des ressources abiotiques dans les associations végétales : quels processus déterminent leur fonctionnement ?,» 2014. Accessed: Mar. 02, 2019.
[Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=of381ZrgqpQ>.
- [33] B. Coulibaly Doubangolo, Ba, A Dembele and F. Sissoko, «Développement des Systemes de Production Innovants d'association Maïs/Légumineuses dans la zone subhumide du Mali,» 2017.
- [34] K. K. Elie, A. O. Faustin, and N. K. Antoine, «Intérêt de la culture associée légumineuses-maïs et stratégie de résilience face à la disponibilité en terre cultivable : le cas de la ferme agricole de Kafigué dans département de Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire),» *Eur. Sci. J. ESJ*, vol. 17, no. 17, pp. 318–334, 2021, doi: 10.19044/esj.2021.v17n17p318.
- [35] Revellin C., «Les symbioses fixatrices d'azote.,» *INRA Dijon*, p. 5.p. <http://www.rhizobia.co.nz/taxonomy/rhizobia.h>, 2011.
- [36] Projet PerfCom., «Les cultures associées céréale/légumineuses en agriculture 'bas intrants' dans le sud de la France.,» p. <http://www.montpellier.inra.fr/systerra-perfcom/>, 2012.
- [37] K. Coulibaly, «Effets des associations maïs-légumineuses sur le rendement du maïs (*Zea mays* L.) et la fertilité d'un sol ferrugineux tropical à l'Ouest du Burkina Faso,» *afrique Sci.*, no. December, p. 226P., 2017.
- [38] C. Louarn, G., Corre-Hellou, G., Fustec, J., Lô-Pelzer, E., Julier, B., Litrico, I., Hinsinger, P. & Lecomte, «Déterminants écologiques et physiologiques de la productivité et de la stabilité des associations graminées-légumineuses.,» *Innov. Agron.*, pp. 11: 79-99., 2010.
- [39] E. et al. Justes, «Les processus de complémentarité de niche et de facilitation déterminent le fonctionnement des associations végétales et leur efficacité pour l'acquisition des ressources abiotiques.,» *Innov. Agron.*, p. 40, pp.1–24, 2014.
- [40] P. reine Mathilde, «Innovations Agronomiques,» vol. 40, pp. 73–91, 2014.

Le pragmatisme dans la recherche en sciences de gestion: Fondements théoriques, applications et implications

[Pragmatism in management science research: Theoretical foundations, applications and implications]

Elkam Khadija and Faridi Mohamed

Laboratoire de recherche en Management, Marketing et Communication, Hassan First University, National School of Business and Management, Settati, Morocco

Copyright © 2023 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 article is to explore the theoretical and practical implications of pragmatic philosophy in management science research. It highlights the fact that this philosophy provides multiple explanations and interpretations for management science and emphasizes its use of both objective and subjective criteria. Referring to the fact that there is no one appropriate philosophy and thus researchers can adopt more than one philosophy, pragmatism argues that it is possible to work with variations in epistemology.

KEYWORDS: Pragmatism; Management; Knowledge; Epistemology; Scientific Research; Philosophy.

RESUME: L'objectif de cet article est d'explorer les implications théoriques et pratiques de la philosophie pragmatique dans la recherche en sciences de gestion. Elle met en évidence le fait que cette philosophie apporte de multiples explications et interprétations pour les sciences de gestion et souligne son utilisation des critères à la fois objectifs et subjectifs. En faisant référence au fait qu'il n'existe pas une seule philosophie appropriée et que les chercheurs peuvent ainsi adopter plus d'une philosophie, le pragmatisme soutient qu'il est possible de travailler avec des variations dans l'épistémologie.

MOTS-CLEFS: Pragmatisme; Gestion; Connaissance; Épistémologie; Philosophie; Recherche scientifique.

1 INTRODUCTION

Le choix d'une philosophie de recherche appropriée est crucial pour garantir la pertinence, la rigueur et l'applicabilité des résultats obtenus (Yin, 2014). Selon Burrell et Morgan (1979), le chercheur établit un certain nombre de types d'hypothèses pendant chaque phase de sa recherche. Il s'agit notamment d'hypothèses sur le savoir humain (hypothèses épistémologiques), sur les réalités (hypothèses ontologiques) et sur la mesure et la manière dont ses propres valeurs influencent son processus de recherche (hypothèses axiologiques). Ces hypothèses déterminent inévitablement la façon de sa compréhension des questions de recherche (Johnson et Clark, 2006), les méthodes utilisées et la façon d'interprétation des résultats (Crotty, 1998). Un ensemble d'hypothèses bien réfléchi et cohérent constituera une philosophie de recherche, qui sous-tendra le choix méthodologique du chercheur, sa stratégie de recherche, ses techniques de collecte de données et ses procédures d'analyse (Saunders et al., 2009). Cela permet au chercheur de concevoir un projet de recherche cohérent, dans lequel tous les éléments de la recherche s'emboîtent.

Selon Tsoukas et Knudsen (2003), les chercheurs en gestion ne s'accordent pas sur une seule et même philosophie. Ce qui pose la question sur la meilleure posture épistémologique à adopter par le chercheur. Dans le processus de développement

de sa propre philosophie et la conception de son projet de recherche, il est important de reconnaître que les désaccords philosophiques sont une partie intrinsèque de la recherche en gestion (Saunders et Lewis, 2011). Lorsque les sciences de gestion ont émergé en tant que discipline universitaire au vingtième siècle, ils ont puisé leur base théorique dans un mélange de disciplines des sciences sociales, des sciences naturelles, des sciences appliquées et des sciences humaines telles que l'histoire et la philosophie (Starbuck 2003). En s'appuyant sur ces disciplines, les sciences de gestion ont absorbé les diverses philosophies associées qui les divisaient et les définissaient, ce qui a donné lieu à la coexistence de multiples philosophies, paradigmes, approches et méthodologies de recherche que nous connaissons aujourd'hui (Saunders et al., 2009).

Pendant des décennies, les chercheurs en gestion ont débattu du caractère souhaitable de cette multiplicité de philosophies, de paradigmes et de méthodologies de recherche, sans parvenir à un accord. Toutefois, deux perspectives opposées ont émergé: le pluralisme et l'unificationnisme. Selon Saunders et al. 2009, les unificationnistes considèrent que les sciences de gestion sont fragmentées, et soutiennent que cette fragmentation les empêche de se rapprocher d'une véritable discipline scientifique. Ils prônent l'unification de la recherche en gestion sous une philosophie, un paradigme et une méthodologie de recherche forte. Tandis que les pluralistes considèrent que la diversité des domaines est utile et qu'elle enrichit les sciences de gestion (Knudsen 2005).

Dans ce contexte, le pragmatisme émerge comme une philosophie de recherche prometteuse qui mérite d'être explorée en sciences de gestion. Son approche contextuelle, orientée vers l'action et centrée sur les conséquences pratiques correspond parfaitement à la nature même des sciences de gestion, qui sont axées sur les problèmes concrets et les applications pratiques.

La présente revue vise à combler un vide dans la littérature francophone en explorant le pragmatisme comme philosophie de recherche en sciences de gestion. En clarifiant les principes et les implications du pragmatisme, cette revue fournira une base solide pour les chercheurs intéressés par l'adoption de cette approche.

Dans ce qui suit, nous essayerons d'examiner en profondeur le pragmatisme en tant que philosophie de recherche en sciences de gestion en présentant ses fondements théoriques, son adéquation aux besoins spécifiques des sciences de gestion, ses méthodes de recherche associées, ainsi que les avantages et les défis liés à son application. Ensuite, nous analyserons les études empiriques en sciences de gestion ayant adopté le pragmatisme comme cadre de recherche afin d'évaluer leur contribution et d'identifier les perspectives futures.

2 LE PRAGMATISME: UNE PERSPECTIVE ÉCLAIRANTE POUR LA RECHERCHE EN SCIENCES DE GESTION

2.1 FONDEMENTS THÉORIQUES DE LA PHILOSOPHIE PRAGMATIQUE

Nous présentons ses fondements théoriques, son adéquation aux besoins spécifiques des sciences de gestion, ses méthodes de recherche associées, ainsi que les avantages et les défis liés à son application. Ensuite, nous analyserons les études empiriques en sciences de gestion ayant adopté le pragmatisme comme cadre de recherche afin d'évaluer leur contribution et d'identifier les perspectives futures.

Le pragmatisme trouve ses origines au tournant du 19^e siècle avec les travaux de philosophes tels que Peirce, James et Dewey. Peirce (1877), considéré comme le fondateur du pragmatisme, a souligné l'importance des actions et des conséquences pratiques dans la détermination de la vérité. James (1907) a développé cette approche plus loin, mettant l'accent sur l'expérience personnelle et la signification personnelle de la formation de croyances. Dewey (1938), pour sa part, a souligné l'importance de l'apprentissage par l'action et l'expérience dans le processus de recherche.

Le pragmatisme en tant que paradigme de recherche concerne principalement ce que l'on a appelé le « pragmatisme américain », tel qu'il est apparu dans les écrits des auteurs tels que Peirce, James et Dewey. Néanmoins, la pensée pragmatique ne se limite pas à cette tradition américaine (Goldkuhl, 2012). Certains penseurs européens ont partagé des idées qui présentent des similarités et des liens avec la pensée pragmatique (Arens, 1994). De même, il a été démontré que des ressemblances évidentes existent avec la pensée est-asiatique (Shusterman, 2004).

Le pragmatisme déclare que la réalité existe dans le monde. Il soutient la nature objective de la science (Al-Ababneh, 2020) et suppose également que l'individualité peut avoir un impact sur la façon dont les gens perçoivent le monde, la recherche est donc subjective (Saunders et al., 2009). Le point de vue de cette philosophie apporte de multiples explications et interprétations pour la science. Il soutient qu'il est possible de travailler avec des variations dans l'épistémologie (Saunders et al., 2009)

Ce paradigme adopte une approche anti-dualiste, rejetant les distinctions rigides entre le sujet et l'objet, la théorie et la pratique, le penser et l'agir. Au contraire, il cherche à les intégrer pour une compréhension holistique de la réalité. De plus, les

philosophes pragmatistes mettent l'accent sur l'importance de la méthode expérimentale dans la recherche, encourageant l'expérimentation, l'observation et la vérification empirique des idées (Peirce, 2002).

De même, le pragmatisme reconnaît la pluralité des perspectives et encourage le dialogue, le débat et la diversité des points de vue pour une compréhension plus riche et nuancée des phénomènes étudiés (James, 2011). Il intègre des notions telles que l'objectivité de la science, la subjectivité de la perception individuelle, l'anti-dualisme, la méthode expérimentale, la résolution de problèmes et la reconnaissance de la pluralité des perspectives.

En somme, le pragmatisme est une perspective philosophique qui met l'accent sur les conséquences pratiques et les résultats concrets de la recherche. Il s'agit d'une approche pragmatique qui considère que la validité des idées et des théories se mesure à leur utilité pratique dans le contexte réel.

2.2 LE PRAGMATISME DANS LA RECHERCHE EN SCIENCES DE GESTION

Le pragmatisme entretient des relations complexes avec les autres paradigmes de recherche en sciences de gestion tels que le positivisme, l'interprétativisme et le constructivisme. Le positivisme, qui met l'accent sur l'objectivité et la mesure, peut sembler opposé au pragmatisme. Toutefois, certains auteurs ont souligné des similitudes entre les deux approches, notamment dans leur engagement envers une recherche empirique rigoureuse (Morgan, 2007). Quant au constructivisme, l'accent est mis sur la construction sociale des connaissances, il partage donc avec le pragmatisme l'idée que les connaissances sont façonnées par l'interaction entre les acteurs et leur environnement (Orlikowski et Baroudi, 1991). De même, l'interprétativisme, axé sur la compréhension et l'interprétation des phénomènes sociaux, paraît également en harmonie avec le pragmatisme, puisqu'il met en avant la pertinence des résultats pour les parties prenantes concernées (Flyvbjerg, 2006).

Le pragmatisme utilise des critères à la fois objectifs et subjectifs (Saunders et al., 2003). Par conséquent, il se situe entre la philosophie positiviste et la philosophie interprétativiste, elle fait référence au fait qu'il n'existe pas une seule philosophie appropriée et que les chercheurs peuvent donc adopter plus d'une philosophie de recherche (Saunders et al., 2009). En effet, plusieurs auteurs tels que Huberman et Miles (2003) et Perret et Séville (2003) préconisent d'aménager les postures épistémologiques en fonction des particularités contextuelles de la recherche. D'autres auteurs tels que Saunders et al. (2009) et Avenier (2011) proposent la posture pragmatique qui fait référence au fait qu'il n'existe pas une seule philosophie appropriée et que les chercheurs peuvent donc adopter plus d'une philosophie de recherche.

Afin de guider les chercheurs en sciences de gestion dans l'adoption du pragmatisme, la littérature propose des concepts qui sous-tendent le pragmatisme en offrant un cadre théorique solide. Il s'agit notamment de : l'instrumentalisme, l'expérience individuelle et la conséquence pratique.

Selon Dewey (1938), l'instrumentalisme est au cœur du pragmatisme. Elle postule que les idées, les théories ou les concepts sont des instruments ou des outils qui doivent être évalués en fonction de leur utilité pratique. Dans le contexte des sciences de gestion, cela signifie que les connaissances et les théories doivent être évaluées en fonction de leur capacité à résoudre des problèmes organisationnels et à fournir des solutions pratiques.

Par ailleurs, Angell (1908) souligne que l'expérience individuelle et les vécus jouent un rôle important dans la formation des croyances et des connaissances de l'individu. Dans la recherche en gestion, cela implique de prendre en compte les expériences vécues par les individus, les collectifs et les organisations dans le processus de recherche pour mieux comprendre les phénomènes étudiés et pour générer des connaissances pertinentes (Pettigrew, 1997).

Peirce (1877), pour sa part, a indiqué que la vérité d'une idée est déterminée par ses conséquences pratiques et son efficacité dans la résolution des problèmes. L'analyse de l'impact et les résultats concrets des connaissances produites tout en mettant l'accent sur leur applicabilité et leur utilité pratique est l'une des principales préoccupations des chercheurs en gestion adoptant une approche de recherche pragmatique (Barley et Kunda, 2001).

En adoptant une approche pragmatique, les chercheurs en sciences de gestion peuvent aborder les questions concrètes, développer des solutions pratiques et favoriser un dialogue enrichissant au sein de l'organisation. Quelles sont alors les méthodes y associées ?

2.3 LES MÉTHODES DE RECHERCHE ASSOCIÉES

Les méthodes de recherche pragmatistes en sciences de gestion se distinguent par leur orientation pratique et leur engagement envers l'action.

Les chercheurs pragmatistes accordent une grande importance à l'engagement des parties prenantes et à la résolution de problèmes concrets dans des contextes réels (Bryman, 2008). Ils reconnaissent que la recherche en sciences de gestion doit être ancrée dans la réalité des organisations et de leurs acteurs. Ils s'efforcent donc d'impliquer les parties prenantes pertinentes tout au long du processus de recherche et collaborer avec elles pour identifier les problèmes, co-construire des connaissances et favoriser une application pratique des résultats (Cunliffe et Coupland, 2012).

De plus, les chercheurs pragmatistes adoptent une démarche réflexive, remettant en question leurs propres hypothèses, cadres théoriques et méthodologies et ajustant leur approche de recherche en fonction des résultats et des retours d'expérience (Pettigrew, 1997). Cette réflexivité permet une amélioration continue et une adaptation dynamique de la recherche en réponse aux besoins et aux changements contextuels.

En effet, les pragmatistes n'accordent pas de privilège à une méthode de recherche spécifique. Le pragmatisme en tant que philosophie de recherche en sciences de gestion reconnaît que différentes méthodes peuvent être appropriées en fonction du contexte, des questions et des objectifs de l'étude (Saunders et al., 2012). Les chercheurs pragmatistes mettent l'accent sur la pertinence pratique et les résultats concrets de la recherche, plutôt que sur une méthode particulière.

Ce paradigme encourage les chercheurs à adopter une approche flexible dans le choix de leurs méthodes de recherche. Ces derniers peuvent utiliser une variété d'approches méthodologiques à condition qu'elles soient aptes à répondre aux questions de recherche de manière rigoureuse et d'obtenir des résultats applicables et significatifs dans le contexte organisationnel. Cette flexibilité méthodologique permet aux chercheurs pragmatistes de s'adapter aux défis et aux spécificités des problèmes organisationnels concrets. Ils peuvent ajuster leurs méthodes en fonction des caractéristiques du sujet d'étude, de la disponibilité des données, des contraintes pratiques et des besoins des parties prenantes. Ainsi, plutôt que la stricte adhésion à une méthode prédéterminée, les pragmatistes encouragent une approche réfléchie et adaptative, où la sélection des méthodes est guidée par les exigences et les objectifs de la recherche elle-même.

Cependant, il convient de signaler que les chercheurs pragmatistes adoptent souvent une approche holistique, intégrant à la fois des méthodes quantitatives et qualitatives dans leurs études afin d'obtenir une compréhension holistique et nuancée des phénomènes étudiés (Tashakkori et Teddlie, 2003). En effet, les partisans de l'approche mixte préconisent de choisir et d'utiliser les méthodes qui s'adaptent au contexte étudié et qui fonctionnent pour répondre aux questions de la recherche et pour atteindre ses objectifs (Carr, 1994; Creswell, 2003; Tashakkori et Teddlie, 2012; Johnson et Onwuegbuzie, 2004; Mingers, 2001; Sale, Lohfeld, et Brazil, 2002; Saunders et al., 2009). Selon eux, en adoptant un positionnement pragmatique, le recours à une recherche mixte permet de régir les revendications sur ce qu'est la connaissance. Le chercheur en sciences de gestion pourrait utiliser des méthodes quantitatives pour collecter des données et analyser des indicateurs objectifs de la connaissance, tout en incorporant des méthodes qualitatives pour comprendre les expériences, les croyances et les valeurs des individus concernés. La recherche mixte avec un positionnement pragmatique permettrait dès lors d'apporter une perspective équilibrée et nuancée sur les revendications relatives à la connaissance.

3 L'APPLICATION DU PRAGMATISME EN SCIENCES DE GESTION: ATOUTS, DÉFIS ET RECOMMANDATIONS

3.1 VERS UNE PERTINENCE PRATIQUE, UNE COMPRÉHENSION CONTEXTUELLE ET UNE FLEXIBILITÉ MÉTHODOLOGIQUE

L'un des principaux avantages du pragmatisme est sa pertinence et son applicabilité pratique. En mettant l'accent sur les conséquences pratiques et les résultats concrets, le pragmatisme vise à générer des connaissances directement utiles pour les praticiens et les décideurs en sciences de gestion (Saunders et al., 2012). Cette approche orientée vers l'action favorise la résolution de problèmes réels et contribue à l'amélioration des pratiques organisationnelles (Goldkuhl, 2012). Les recherches pragmatistes peuvent donc avoir un impact significatif sur les organisations et la prise de décision. Thomas et Rowland (2014) soulignent que le pragmatisme permet de combiner les connaissances théoriques et l'expérience pratique, favorisant ainsi une approche holistique de la recherche.

Le pragmatisme met l'accent également sur la compréhension contextuelle et nuancée des phénomènes étudiés. En intégrant des méthodes quantitatives et qualitatives, les chercheurs pragmatistes sont en mesure de saisir les multiples facettes des problèmes et de générer une compréhension approfondie (Tashakkori et Teddlie, 2003). Cette approche holistique favorise une connaissance riche et contextuellement ancrée et permet de tenir compte des spécificités et des particularités propres aux organisations, en prenant en compte les différentes perspectives des parties prenantes impliquées (Bryman, 2008).

De plus, le pragmatisme se caractérise par son adaptabilité et sa flexibilité méthodologique. Il offre une approche dynamique et réactive à la recherche en sciences de gestion. Les chercheurs pragmatistes sont ouverts à la remise en question de leurs hypothèses et de leurs approches de recherche, en ajustant constamment leur démarche en fonction des résultats et

des retours d'expérience (Pettigrew, 1997). Cette réflexivité favorise l'évolution de la recherche et permet de s'adapter aux changements contextuels et aux besoins des parties prenantes.

3.2 LIMITATIONS ET CRITIQUES DU PRAGMATISME EN TANT QUE PHILOSOPHIE DE RECHERCHE EN SCIENCES DE GESTION

Malgré ses atouts importants, le pragmatisme en tant que philosophie de recherche en sciences de gestion présente également des limitations et a fait l'objet de certaines critiques.

Ce paradigme a été souvent critiqué sur le plan philosophique. Certains chercheurs soulignent que le focus du chercheur sur l'action et l'utilité pratique peut négliger des dimensions importantes telles que la vérité épistémique et l'éthique (Denzin, 2001). Ils argumentent que le pragmatisme pourrait sacrifier la recherche de la vérité pour se concentrer uniquement sur l'efficacité pratique. Ces critiques soulignent l'importance d'une réflexion approfondie sur les implications philosophiques du pragmatisme en tant que fondement de la recherche en sciences de gestion (Van de Ven, 2007; Alvesson et Spicer, 2012; Chia, 2014).

De même, l'une des principales critiques de l'application du pragmatisme dans les sciences de gestion soutient que le pragmatisme peut manquer de rigueur méthodologique en raison de son approche flexible et adaptative (Morgan, 2007). Selon Weick (1995) le fait que nous ne pouvons voir que ce que nous sommes prêts à voir, notamment le focus sur des résultats pratiques, ainsi qu'à l'intégration de plusieurs méthodes peut risquer de compromettre la robustesse scientifique de la recherche. Saunders et al., (2009) proposent à cet égard de maintenir une rigueur méthodologique et invitent les chercheurs en gestion de justifier leurs choix méthodologiques pour garantir la validité et la fiabilité de leurs résultats.

Sur le plan méthodologique, le pragmatisme peut manquer de clarté méthodologique, ce qui peut rendre difficile la réplication et la généralisation des résultats (Guba et Lincoln, 1994). Par ailleurs, certains auteurs ont remis en question l'objectivité de l'approche pragmatiste, arguant que l'accent mis sur l'expérience et la contextualisation peut conduire à des interprétations subjectives et à des conclusions moins généralisables (Flyvbjerg, 2001).

Sur le plan éthique, des préoccupations éthiques ont été soulevées quant à l'adoption du pragmatisme en sciences de gestion, soulignant que la poursuite exclusive de l'efficacité pratique pourrait négliger des considérations éthiques importantes (Burrell et Morgan, 1979).

En somme, l'adoption du pragmatisme comme philosophie de recherche en sciences de gestion présente plusieurs avantages. Cependant, elle n'est pas sans limites et critiques. Garbarino (2021) met en garde contre les dangers de l'idéologie et souligne l'importance de la prudence lors de l'application du pragmatisme. Il est donc essentiel de reconnaître et d'évaluer ces avantages et limitations pour une utilisation adéquate en sciences de gestion. En effet, pour répondre aux différentes critiques soulignées plus haut, des recommandations ont été avancées par plusieurs chercheurs tels que Guba et Lincoln (1994), Flyvbjerg (2001), Burrell et Morgan (1979), Van de Ven (2006), Chia (2014) et Alvesson et al. (2012), mettant l'accent sur la rigueur méthodologique et une meilleure compréhension des implications philosophiques du pragmatisme et de son application. Ainsi, les chercheurs en gestion sont invités à collaborer étroitement avec les praticiens et les décideurs dans le domaine étudié, cela favorisera une meilleure intégration des résultats de recherche dans les pratiques organisationnelles et permettra d'adresser les problèmes concrets rencontrés par les acteurs sur le terrain (Wenger, 2002; Van de Ven et Johnson, 2006; Easterby-Smith et al., 2012; Baskerville, et Wood-Harper, 2016).

4 ANALYSE DES ÉTUDES EMPIRIQUES ADOPTANT UNE APPROCHE PRAGMATIQUE: PERSPECTIVES ET ENSEIGNEMENTS

Plusieurs chercheurs en gestion ont adopté le pragmatisme comme philosophie de recherche. Dans leurs études empiriques explorant divers domaines et problématiques, ces chercheurs ont indiqué les contributions significatives de l'application du pragmatisme à la gestion. Ils ont démontré également son applicabilité et son utilité dans différents contextes.

Nous passerons en revue quelques exemples illustrant l'application réussie du pragmatisme dans des études de recherche en sciences de gestion:

Afin d'étudier les processus de changement organisationnel, Gioia et Chittipeddi (1991) ont utilisé le pragmatisme en intégrant des méthodes quantitatives et qualitatives. Selon ces auteurs, cette approche contribue à fournir des recommandations pratiques pour gérer efficacement le changement organisationnel. Dans un autre exemple, Whetten (1989) a adopté une approche pragmatiste pour étudier l'impact des cadres conceptuels sur la prise de décision stratégique des managers. En utilisant la méthode mixte, il a pu combiner des données quantitatives et qualitatives pour mieux comprendre la manière dont les managers interprètent les informations et prennent des décisions stratégiques.

Par ailleurs, Barley et Kunda (2001) ont utilisé une approche pragmatiste dans leur étude des pratiques organisationnelles et de la construction de sens dans les entreprises technologiques, ils ont souligné que cette approche leur a permis de comprendre comment les acteurs donnent un sens à leur environnement et prennent des décisions dans des situations complexes et ambiguës.

De même, dans leur étude sur l'implémentation des systèmes d'information dans les organisations, Hirschheim et Klein (2006) ont adopté une approche pragmatiste en intégrant des méthodes quantitatives pour mesurer les performances, et des méthodes qualitatives pour comprendre les processus de changement et d'adaptation des utilisateurs. Cette approche pragmatiste leur a permis de proposer des recommandations pratiques pour améliorer l'implémentation des systèmes d'information.

L'un des avantages de l'approche pragmatique souligné par ces études est qu'elle permet de prendre en compte la complexité et l'ambiguïté des situations étudiées. Barley et Kunda (2001) ont affirmé que cette approche a permis de comprendre comment les acteurs donnent un sens à leur environnement et prennent des décisions dans des contextes complexes. Ces études soulignent également l'importance d'intégrer différentes méthodes de recherche pour d'obtenir une compréhension plus complète et nuancée des phénomènes étudiés tout en adoptant une posture pragmatiste. Cela est particulièrement utile dans des domaines complexes tels que le changement organisationnel (Gioia et Chittipeddi, 1991) et la prise de décision stratégique (Whetten, 1989). En combinant des données quantitatives et qualitatives, les chercheurs peuvent explorer à la fois les aspects mesurables et les dimensions subjectives de ces processus, ce qui peut conduire à des recommandations pratiques plus robustes. Cependant, il est important de souligner que se concentrer sur des contextes particuliers en ne considérant que la pertinence pratique des résultats, peut parfois limiter leur généralisabilité (Guba et Lincoln, 1994; Flyvbjerg, 2001). À cet égard, les chercheurs doivent chercher à reproduire ou à étendre leurs études dans d'autres contextes similaires ou à utiliser des échantillons plus diversifiés pour renforcer la validité externe de leurs résultats (Yin, 2014). Cela implique de s'engager dans des collaborations et des partenariats avec d'autres chercheurs ou organisations pour mener des études de validation croisée (Eisenhardt, 1989).

En résumé, les études illustrées montrent que l'adoption d'une approche pragmatiste permet de combiner différentes méthodes de collecte de données et d'intégrer des résultats quantitatifs et qualitatifs pour obtenir une compréhension plus complète et nuancée des phénomènes étudiés. Elles démontrent l'utilité du pragmatisme dans divers domaines de gestion (changement organisationnel, stratégie, innovation...) et soulignent sa capacité à fournir des insights riches et contextualisés sur les problèmes et les enjeux auxquels sont confrontées les organisations en produisant des connaissances pratiques et contextuellement ancrées. Néanmoins, les chercheurs en gestion sont appelés à examiner de manière critique les assomptions ontologiques, épistémologiques et axiologiques sous-jacentes au pragmatisme et de clarifier leur impact sur leurs recherches.

5 CONCLUSION

Pour conclure, le pragmatisme offre une perspective éclairante pour la recherche en sciences de gestion en mettant l'accent sur la pertinence pratique, la compréhension contextuelle et la flexibilité méthodologique. En se concentrant sur les résultats pratiques et en intégrant les connaissances théoriques avec les réalités organisationnelles, le pragmatisme permet de générer des connaissances qui sont directement applicables et utiles pour les décideurs et les praticiens. Cependant, l'application du pragmatisme en tant que philosophie de recherche en sciences de gestion n'est pas sans ses limitations et ses critiques. Certains chercheurs soulignent le risque de négliger des dimensions importantes telles que la vérité épistémique et l'éthique, ainsi que le besoin de maintenir une rigueur méthodologique pour garantir la validité et la fiabilité des résultats de recherche. Ils invitent à cet égard à maintenir une réflexion approfondie sur les implications philosophiques du pragmatisme et les choix méthodologiques et à assurer une collaboration étroite avec les praticiens du domaine.

L'analyse des études empiriques adoptant une approche pragmatique a permis de mettre en évidence diverses perspectives et enseignements. Ces études ont montré comment le pragmatisme peut être appliqué pour résoudre des problèmes organisationnels concrets, favorisant ainsi la prise de décision éclairée et l'amélioration des pratiques managériales. Les recherches adoptant une approche pragmatique rigoureuse et réflexive peuvent donc contribuer de manière significative à la résolution des problèmes organisationnels et à l'avancement des connaissances dans les différents domaines de gestion.

La présente revue souligne l'importance du pragmatisme en tant que philosophie de recherche dynamique et adaptable, offrant des perspectives intéressantes pour la recherche en sciences de gestion. Les perspectives futures et les voies de recherche pour le pragmatisme en sciences de gestion résident dans l'approfondissement de sa compréhension, l'exploration de nouvelles méthodologies et l'extension de son application à de nouveaux domaines.

REFERENCES

- [1] Al-Ababneh, M. M. (2020). Linking ontology, epistemology and research methodology. *Science & Philosophy*, 8 (1), 75-91.
- [2] Alvesson, M., & Spicer, A. (2012). Critical leadership studies: The case for critical performativity. *Human relations*, 65 (3), 367-390.
- [3] Angell, J. R. (1908). *Pragmatism: A New Name for Some Old Ways of Thinking*.
- [4] ARENS E (1994) The logic of pragmatic thinking. From Peirce to Habermas, Humanities Press, Atlantic Highlands.
- [5] Avenier, M. J. (2011). Les paradigmes épistémologiques constructivistes: post-modernisme ou pragmatisme? 1. *Revue Management et Avenir*, (3), 372-391.
- [6] Barley, S. R., & Kunda, G. (2001). Bringing work back in. *Organization science*, 12 (1), 76-95.
- [7] Baskerville, R. L., & Wood-Harper, A. T. (2016). A critical perspective on action research as a method for information systems research': 'Enacting Research Methods in Information Systems: Volume 2'.
- [8] Bryman, A. (2008). The end of the paradigm wars. *The SAGE handbook of social research methods*, 13-25.
- [9] BURRELL, GIBSON et GARETH MORGAN (1979), *Sociological Paradigms and Organisational Analysis: Elements of the Sociology of Corporate Life*, London, Heinemann.
- [10] Carr, L. T. (1994). The strengths and weaknesses of quantitative and qualitative research: what method for nursing?. *Journal of advanced nursing*, 20 (4), 716-721.
- [11] Chia, R. (2014). Organizational analysis as deconstructive practice. In *Organizational Analysis as Deconstructive Practice*. de Gruyter.
- [12] Creswell, J. W., V. L. Plano Clark, M. Gutmann, and W. Hanson. 2003. Advanced mixed methods research designs. In *Handbook on mixed methods in the behavioral and social sciences*, ed. A. Tashakkori and C. Teddlie, 209–40. Thousand Oaks, CA: Sage.
- [13] Crotty, M. J. (1998). The foundations of social research: Meaning and perspective in the research process. *The foundations of social research*, 1-256.
- [14] Cunliffe, A., & Coupland, C. (2012). From hero to villain to hero: Making experience sensible through embodied narrative sensemaking. *Human relations*, 65 (1), 63-88.
- [15] Denzin, N. K. (2001). *Interpretive interactionism* (Vol. 16). Sage.
- [16] Dewey, J. (1938). The determination of ultimate values or aims through antecedent or a priori speculation or through pragmatic or empirical inquiry. *Teachers College Record*, 39 (10), 471-485.
- [17] Easterby-Smith, M., & Malina, D. (1999). Cross-cultural collaborative research: Toward reflexivity. *Academy of management journal*, 42 (1), 76-86.
- [18] Easterby-Smith, M., Thorpe, R., & Jackson, P. R. (2012). *Management research*. Sage.
- [19] Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of management review*, 14 (4), 532-550.
- [20] Flyvbjerg, B. (2001). Making social science matter: Why social inquiry fails and how it can succeed again. Cambridge university press.
- [21] Flyvbjerg, B. (2006). 1.10 making organization research matter: Power, values and phronesis. *The Sage handbook of organization studies*, 370.
- [22] Garbarino, P. (2021). The dangers of ideology and the virtues of pragmatism. *Monthly Labor Review*, 1–4. <https://www.jstor.org/stable/48628285>.
- [23] Gioia, D. A., & Chittipeddi, K. (1991). Sensemaking and sensegiving in strategic change initiation. *Strategic management journal*, 12 (6), 433-448.
- [24] Goldkuhl, G. (2012). Pragmatism vs interpretivism in qualitative information systems research. *European journal of information systems*, 21, 135-146.
- [25] Gouldner A (1970) *The Coming Crisis of Western Sociology*. London: HEB.
- [26] Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (1994). Competing paradigms in qualitative research. *Handbook of qualitative research*, 2 (163-194), 105.
- [27] Hirschheim, R. A., & Klein, H. K. (2006). Crisis in the IS field? A critical reflection on the state of the discipline. *Information Systems: The State of the Field*, John Wiley & Sons, Chichester, England, 71-146.
- [28] James, W. (1907). *Lecture II: What pragmatism means*.
- [29] James, W. (2011). Philosophical conceptions and practical results. In *The Pragmatism Reader* (pp. 66-78). Princeton University Press.
- [30] Johnson, P. and Clark, M. (2006) 'Editors' introduction: Mapping the terrain: An overview of business and management research methodologies', in P. Johnson and M. Clark (eds) *Business and Management Research Methodologies*. London: Sage, pp. xxv–iv.
- [31] Johnson, R. B., & Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. *Educational researcher*, 33 (7), 14-26.

- [32] Knudsen, C. (2005). Pluralism, scientific progress, and the structure of organization theory.
- [33] Miles, M. B., & Huberman, A. M. (2003). Analyse des données qualitatives. De Boeck Supérieur.
- [34] Mingers, J. (2001). Combining IS research methods: towards a pluralist methodology. *Information systems research*, 12 (3), 240-259.
- [35] Morgan, D. L. (2007). Paradigms lost and pragmatism regained: Methodological implications of combining qualitative and quantitative methods. *Journal of mixed methods research*, 1 (1), 48-76.
- [36] Onwuegbuzie, A. J., & Johnson, R. B. (2006). The validity issue in mixed research. *Research in the Schools*, 13 (1), 48-63.
- [37] Orlikowski, W. J., & Baroudi, J. J. (1991). Studying information technology in organizations: Research approaches and assumptions. *Information systems research*, 2 (1), 1-28.
- [38] Peirce, C. S. (1877). The fixation of belief: *Popular Science Monthly*, v. 12
- [39] Peirce, C.S. (2002). *Pragmatisme et pragmatisme*, Volume 1, Cerf.
- [40] Perret, V., & Séville, M. (2003). *Méthodes de recherche en Management*, chapitre 1.
- [41] Pettigrew, T. F. (1997). Personality and social structure: Social psychological contributions. In *Handbook of personality psychology* (pp. 417-438). Academic Press.
- [42] Sale, J. E., Lohfeld, L. H., & Brazil, K. (2002). Revisiting the quantitative-qualitative debate: Implications for mixed-methods research. *Quality and quantity*, 36, 43-53.
- [43] Saunders, M. N. K., & Lewis, P. (2011). *Doing Research in Business and Management*. Harlow.
- [44] Saunders, M., & Lewis, P. T. A. (2009). *Business Research Methods*. Financial Times, Prentice Hall: London.
- [45] Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2003). *Research methods for business students*. Essex: Prentice Hall: Financial Times.
- [46] Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2012). *Research methods for business students* (6. utg.). Harlow: Pearson.
- [47] SHUSTERMAN (2004) Pragmatism and East-Asian thought, *Metaphilosophy*, Vol 35 (1/2), p 13-43.
- [48] Starbuck, W. H. (2003). Shouldn't organization theory emerge from adolescence?. *Organization*, 10 (3), 439-452.
- [49] Tashakkori, A., & Teddlie, C. (2003). Issues and dilemmas in teaching research methods courses in social and behavioural sciences: US perspective. *International journal of social research methodology*, 6 (1), 61-77.
- [50] Tashakkori, A., Teddlie, C., & Sines, M. C. (2012). Utilizing mixed methods in psychological research. *Handbook of psychology*, 2, 428-450.
- [51] Thomas, M., & Rowland, C. (2014). Leadership, pragmatism and grace: A review. *Journal of Business Ethics*, 123, 99-111.
- [52] Tsoukas, H., & Knudsen, C. (Eds.). (2005). *The Oxford handbook of organization theory*. Oxford Handbooks.
- [53] VAN DE VEN A (2007) *Engaged scholarship: A guide for organizational and social research*, Oxford University Press, Oxford.
- [54] Van de Ven, A. H., & Johnson, P. E. (2006). Knowledge for theory and practice. *Academy of management review*, 31 (4), 802-821.
- [55] Weick, K. E. (1995). *Sensemaking in organizations* (Vol. 3). Sage.
- [56] Wenger, E., McDermott, R., & Snyder, W. M. (2002). Seven principles for cultivating communities of practice. *Cultivating Communities of Practice: a guide to managing knowledge*, 4.
- [57] Whetten, D. A. (1989). What constitutes a theoretical contribution?. *Academy of management review*, 14 (4), 490-495.
- [58] Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods* (5th Edition). London: SAGE.

The value of pharmacological dosage in the management of chronic inflammatory bowel disease treated with anti-TNF agents

Imane Radouane, Salma Ouahid, Hasna Igorman, Rachid Laroussi, Abdelfettah Touibi, Sanaa Berrag, Tarik Adioui, and M. Tamzaourte

Department of Gastroenterology I, Military Hospital, Mohamed V University of Rabat, Morocco

Copyright © 2023 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: The advent of biotherapies has radically changed the management of IBD. However, the use of these drugs may in some cases result in to primary non-response or a loss of secondary response. Therapeutic Drug Monitoring (TDM) is a tool that was developed to manage biotherapy as accurately as possible in these situations.

Material and methods: This is a retrospective descriptive study spread over 8 years of 53 patients followed for IBD put on anti-TNF α , in whom assays of residual levels of anti-TNF and anti-drug antibodies were carried out.

Results: 48 suffer from Crohn's disease and 5 from ulcerative colitis. Of these patients, 41 were on infliximab and 12 on adalimumab. The TDM performed in front of a primary non-response in 18 patients, and a loss of secondary response in 34 patients. We found immunization in 28% of patients, underdosage in 56%, and 15% had a normal dosage. Therapeutic optimization was adopted in 52% of patients, a switch in 19%, a swap in 25% of patients, and the addition of an immunosuppressant in 6.5%. The evolution was marked by the achievement of a prolonged remission in 69% of these patients.

Conclusion: Pharmacological dosage of the residual rate of the anti-TNF and anti-drug antibodies currently constitutes an important element for managing the primary non-response or the loss of secondary response to anti-TNF in patients with IBD treated by biotherapy.

KEYWORDS: IBD, Crohn's disease, Ulcerative colitis, Anti-TNF, Pharmacological dosage, Therapeutic Drug Monitoring.

1 INTRODUCTION

Chronic inflammatory bowel disease (IBD) is a disease characterised by chronic or recurrent inflammation of the intestinal wall, the evolution of which is responsible for multiple complications that may lead to recourse to surgery and functional sequelae.

Until the early 2000s, the main objective of IBD treatment was symptom control to maintain clinical remission, and when medical treatment was ineffective or poorly tolerated, resection was used as one of the treatment options.

A better understanding of the natural history of IBD and the emergence of anti-TNF (tumour necrosis factor) agents in recent years have considerably altered the therapeutic objectives and management of these disorders.

The aim of current treatment is to achieve a complete absence of activity and progression of these diseases, and without surgical resection, the possibility of living a completely normal life while minimising the risks associated with treatment.

These strategies include the identification of patients at risk of developing these complications, the early treatment of these patients with drugs likely to prevent this development (immunosuppressants and anti-TNF) and discussions about stopping these treatments when the disease appears to be sufficiently controlled.

Some patients do not respond immediately to anti-TNF (primary non-responders), others will have a loss of secondary response, and some patients will be intolerant to treatment. When faced with these situations, the attitude was to engage in empirical or symptomatic therapeutic modifications, which were not always effective. This is why TDM (Therapeutic Drug

Monitoring) was developed, a precision medicine tool that measures the serum concentration of the drug, maintains a sufficient dose to ensure the drug's efficacy and avoids drug toxicity [1].

More recently, TDM has been applied to anti-TNFs, primarily to monitor drug efficacy and guide the management of suspected treatment failures in IBD patients treated with biologics [2-3].

The aim of our work is to demonstrate: The value of pharmacological assays of residual levels of anti-TNF alpha and anti-biological antibodies in the management of IBD.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 PRESENTATION OF THE STUDY

This is a retrospective descriptive study spread over a period of 8 years between September 2014 and December 2022 in the hepato-gastroenterology I department, Military Hospital Mohamed V of Rabat.

The study included 53 patients with IBD (Crohn's disease/haemorrhagic rheumatoid arthritis) treated with anti-TNF alpha (Infliximab (IFX) and/or Adalimumab (ADA)) as monotherapy or in combination with immunosuppressive therapy, and who needed to have residual anti-TNF and anti-drug antibody levels measured during their follow-up.

From the patients' clinical records, we collated the following parameters:

2.2 DEMOGRAPHIC DATA

- Age
- Sex

2.3 CLINICAL DATA

- Type of IBD
- Age of onset
- Description of IBD according to the Montreal classification
- Age at introduction of anti-TNF therapy
- History of IBD surgery
- Type of anti TNF used
- Whether or not combined with an immunosuppressant (combination therapy)

2.4 INDICATION FOR PHARMACOLOGICAL DOSAGES

In our study, the indication for pharmacological dosages was either primary non-response or loss of secondary response.

Primary non-response was defined as the absence of clinical response at the end of induction treatment (S14 for Infliximab, S12 for Adalimumab).

Loss of secondary response refers to patients who initially respond to treatment during the induction phase and then experience a return of clinical symptoms during maintenance treatment.

2.5 RESULTS AND THERAPEUTIC ADJUSTMENTS

Statistical analysis was performed using JAMOVI software. Quantitative variables were described in terms of mean and standard deviation, and qualitative variables were described in terms of numbers and percentages.

3 RESULTS

3.1 DEMOGRAPHIC AND CLINICAL CHARACTERISTICS OF PATIENTS

Over a total duration of 08 years, 53 of our IBD patients on anti-TNF, had pharmacological dosage.

The mean age of our patients was 37 ± 11 years with extremes ranging from [18-61 years]. The sex ratio was 1.3 with a male predominance [23F, 30H].

48 of our patients had Crohn's disease (91%) and 05 of our patients in whom the tests were performed had haemorrhagic rectocolitis (9%).

The age at diagnosis of the disease was 27 ± 13 years, with extremes ranging from [8-59 years].

Among our patients with crohn's disease, the location was ileal in 4% of cases (n=2), colonic in 19% of cases (n=9), ileocolic in 50% of cases (n=24). The upper gastrointestinal tract isolated in 4% of cases (n=2) and associated perineal in 23% of cases (n=11) with a fistulising (B3) phenotype in 32.4% of cases (n=11), stenosing (B2) in 29.4% of cases (n=10) and inflammatory (B1) in 38.2% of cases (n=13) and both stenosing and fistulising in 16.8%.

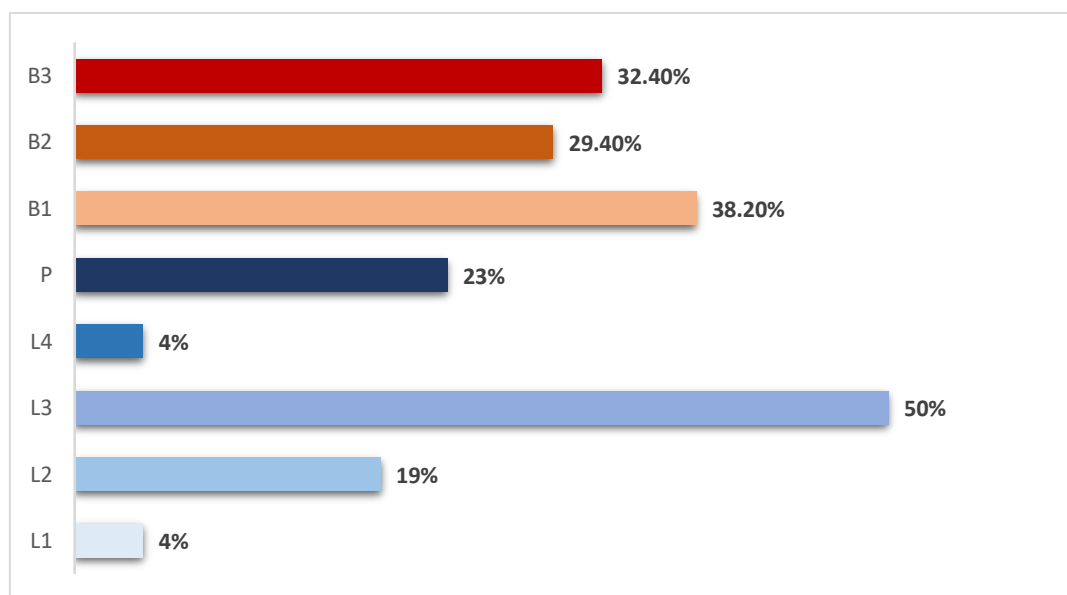


Fig. 1. Distribution according to the Montreal classification in patients with crohn's disease

For patients followed for haemorrhagic rectocolitis, 40% of cases (n=2) had a rectal location (rectitis), 20% of cases (n=1) below the left angle (left colitis) and 40% of cases (n=2) whose involvement extended beyond the left angle (pancolitis).

The age of patients at the time anti-TNF was introduced ranged from 8-57 years, with a mean of 32 years and a standard deviation of 12 years.

06 of our Crohn's patients (11.3%) had already undergone surgery for their disease.

77% of our assays (n=41) were performed on patients taking Infliximab and 23% (n=12) on patients taking Adalimumab.

36 of our patients (68%) were on combotherapy (biotherapy combined with an azathioprine-based immunosuppressant).

Table 1. Demographic and clinical characteristics of patients

Demographic and clinical characteristics of patients	
Age at diagnosis	37±11years
Male / Female	30 / 23
Type of IBD	
Crohn's disease	91%
Haemorrhagic rectocolitis	9%
Age at onset of disease	27±13years
Location of crohn's disease	
(L1)	4%
(L2)	19%
(L3)	50%
(L4)	4%
(p)	23%
Crohn's disease phenotype	
(B1)	38,2%
(B2)	29,4%
(B3)	32,4%
(B2+B3)	16,8%
Location of haemorrhagic rectocolitis	
(E1)	40%
(E2)	20%
(E3)	40%
Age at start of IFX	32±12years
Previous surgery for IBD	11,3%
Type of anti-TNF	
IFX	77%
ADA	23%
Combo therapy	68%
IBD: inflammatory bowel disease; IFX: infliximab;	
ADA: adalimumab; TNF: tumor necrosis factor	

3.2 INDICATION FOR TDM

Serum anti-TNF assays and testing for anti-biotherapy antibodies were indicated in 35% of cases (n=18) when there was a lack of primary response and in 65% of cases (n=34) when there was a loss of secondary response.

3.3 THERAPEUTIC ADJUSTMENTS AND RESULTS

TDM results by indication:

- Among the primary non-responders, 44% of our patients had an under-dose, 6% had a normal assay and 50% had immunisation with positive anti-TNF antibodies.
- Our patients with a loss of secondary response had an underdose on TDM results in 61.7% of cases, 20% had a normal dose, while only 17.6% had immunisation with positive anti-TNF antibodies.

Therapeutic adjustments:

Overall, in 19.2% of cases (n=10), the results of these assays led to a switch of anti-TNF. 25% (n=13) of our patients were switched to Ustekinumab. In 52% of cases (n=27), we carried out an optimisation. And in 6.5% of patients (n=2) we continued the same treatment but reinforced it with an immunosuppressant.

Table 2. TDM results by indication

Indication for test	Under normal	Normal dosage	Immunisation
Primary non-responder	44%	6%	50%
Loss of secondary response	61.7%	20.6%	17.6%

Depending on the results of the CT scan, treatment adjustments were as follows:

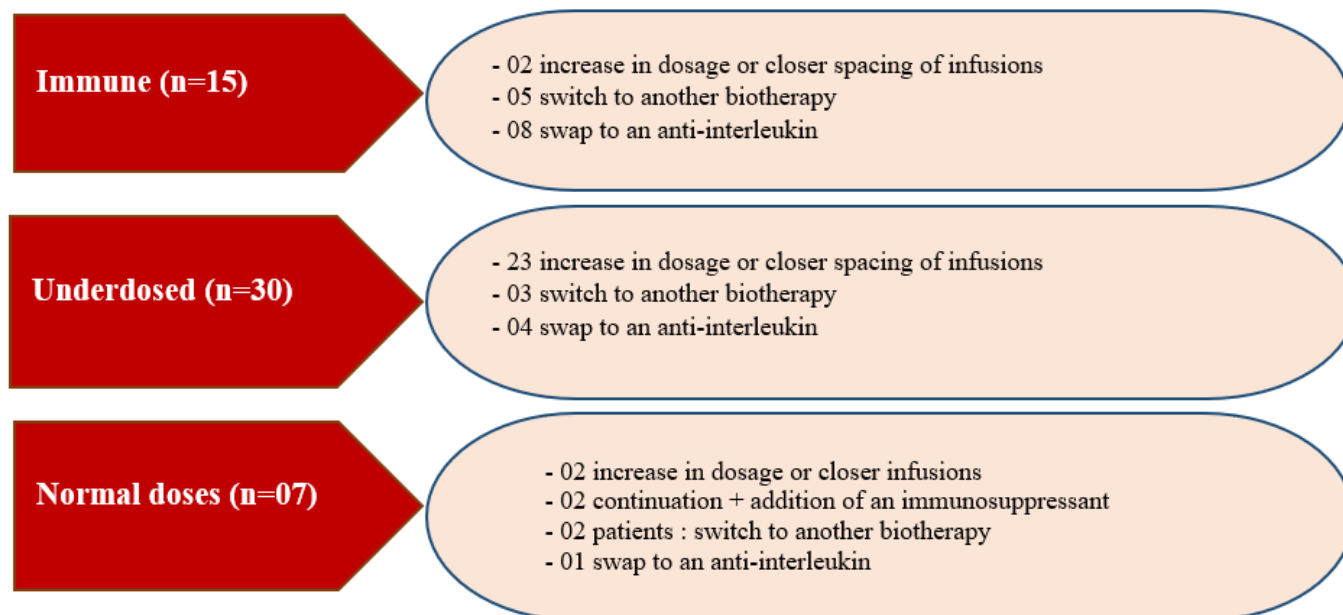


Fig. 2. Representation of the therapeutic adaptations made in the different groups

3.4 PATIENT OUTCOME AFTER TDM-BASED THERAPEUTIC ADJUSTMENT

Overall, 52 patients had benefited for TDM therapeutic adjustments: 69% (n=36) were in prolonged clinical remission at one year, 25% (n=13) showed a partial clinical response, while 6% (n=3) showed no improvement for which a new therapeutic attitude was taken.

According to the TDM results obtained, and depending on the therapeutic adjustments made, the remission rate at 1 year was as follows:

Table 3. Clinical remission rate at 6 months according to the adapted therapeutic approach

appropriate therapeutic approach		Remission rate Clinical at 1 year (%)
Immune (n=15)	- OPTIMISATION (n=2)	- 50% (1/2 patients)
	- SWITCH (n=5)	- 40% (2/5 patients)
	- SWAP (n=8)	- 50% (4/8 patients)
underdosed (n=30)	- OPTIMISATION (n=23)	- 87% (20/23 patients)
	- SWITCH (n=3)	- 66% (2/3 patients)
	- SWAP (n=4)	- 50% (2/4 patients)
Normal dosage (n=07)	- OPTIMISATION (n=2)	- 100% (2/2 patients)
	- ADJONCTION IS (n=2)	- 50% (1/2 patients)
	- SWITCH (n=2)	- 50% (1/2 patients)
	- SWAP (n=1)	- 100% (1/1 patients)

4 DISCUSSION

The idea of TDM is to measure the serum concentration of the drug, to maintain a dose sufficient to ensure the drug's efficacy and to avoid drug toxicity [1].

It has been used in clinical practice for many years, even before the development of biologics. In the past, TDM has been used in a variety of drugs, such as antibiotics and immunosuppressants. More recently, it has been applied to biologics, primarily to monitor drug efficacy and guide the management of suspected therapeutic failures in IBD patients treated with biologics.

In IBD, in addition to measuring anti-drug antibody, TDM also involves measuring serum drug levels, both of which are related to drug efficacy [2-3]. Despite numerous studies demonstrating its usefulness, many questions remain, such as the timing of TDM, the determination of target thresholds for serum drug levels and anti-drug antibody, and the practical application of the results. The data examining this show that there is considerable variability in target thresholds due to a number of factors, such as the different methods and tests used in TDM measurements, or the desired clinical outcome.

Finally, as the first class of biologics are anti-TNFs, the use of TDM must first be applied to patients receiving infliximab or adalimumab.

As a result, most TDM studies have focused on anti-TNFs. Over time, as new biologics for IBD have become available, further studies have investigated the use of TDM with vedolizumab or ustekinumab.

To better understand the use of TDM in IBD, it is essential to understand drug pharmacodynamic and pharmacokinetic concepts, as these are important in understanding mechanisms of treatment failure [4]. Several factors can influence a patient's

response to treatment, including low or sub-therapeutic drug levels associated with increased clearance, whether immune-mediated or not, and the underlying drug targeting pathway.

Anti-TNF agents have greatly improved the management of IBD patients. However, in spite of this, up to 30% of IBD patients do not develop any initial response after the induction period and up to 50% have a loss of secondary response after the induction period, especially during the first year [5-6].

Those with loss of secondary response initially responded, but then began to develop symptoms of disease activity, indicating treatment failure. The pharmacokinetic mechanism for both of these phenomena is thought to be due to insufficient serum drug concentrations, as evidence suggests that patients with low serum drug concentrations during induction or maintenance are less likely to achieve clinical responses [6].

Empirical methods of managing loss of response are generally considered to be suboptimal and may incur additional costs. TDM-based strategies, applying measurements of anti-TNF drug concentrations and anti-drug antibodies at the time of treatment failure, offer an alternative.

In our study, 65.4% of patients on anti-TNF therapy had a secondary loss of response. Individualised optimisation can therefore be proposed on the basis of the results reported.

In our study, 87% of patients who responded to optimised anti-TNF treatment were under-dosed.

In a retrospective study, Afiff et al [9] showed that over 80% of patients responded to IFX optimisation. For these patients, this indication is generally accepted.

In the case of immunisation with positive anti-TNF antibodies, Afif et al [9] showed that IFX optimisation resulted in a response to treatment in only 18% of cases compared with 50% of cases in our study, in contrast to switching to adalimumab where a good response was obtained in 80% of cases compared with only 40% of cases in our study.

This could be explained by the fact that most of our patients had low ATI, hence the notion of permanent and transient ATI (defined retrospectively in the studies and therefore of little use in clinical practice), which shows its importance.

In a prospective study, Paul et al [10] showed that no patient responded to IFX optimisation when ATI levels were very high (>200 ng/ml in this study).

The negative effect of high ATI levels compared with low levels was demonstrated by Yanai et al [11]: after one year, only 18% of patients were in clinical remission, compared with 50% of patients with low ATI.

Ungar et al [12] showed that loss of response was significantly greater with IFX in the presence of permanent versus transient ATI.

In a retrospective study, Vande Casteele et al [13] reported clinical response rates to IFX optimisation according to the type of previous ATI. In the absence of ATI, 94% of patients responded after IFX optimisation, 68% for transient ATI ($p = \text{NS}$) and 16% for permanent ATI ($p = 0.028$ between permanent and transient ATI and $p < 0.001$ between permanent and no ATI) (Figure.10).

Only one retrospective study reported conflicting results, but did not report the type of ATI or its incidence [14].

In the presence of ATI, a second possibility could be to propose the addition of immunosuppressants in patients who lose their clinical response to IFX.

Ben Holling et al [15] reported on patients who lost clinical response to IFX monotherapy with undetectable IRR and elevated ATI.

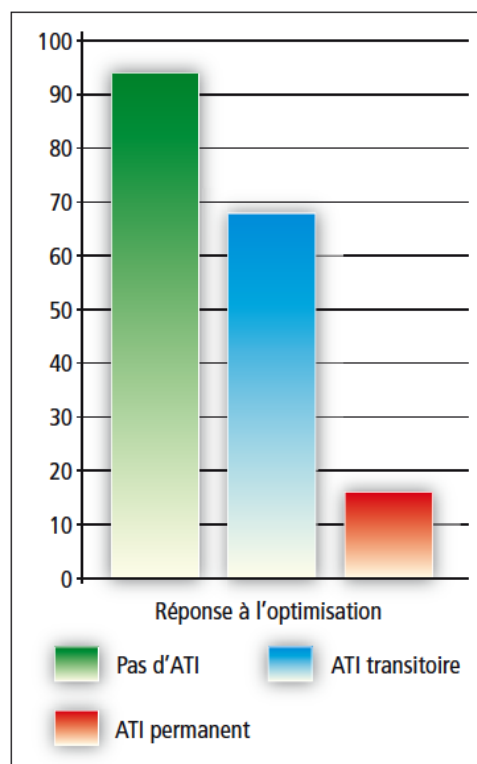


Fig. 3. Therapeutic response to IFX optimisation in patients with loss of response according to ATI before optimisation [61]

The addition of IS (thiopurine or methotrexate) normalised anti-TNF pharmacokinetics (IRR normalisation and ATI negativity) within 6 months, allowing a clinical response to be achieved. In a prospective study published at JFHOD 2013 [16], prospectively including 13 patients with CD who had failed standard-dose IFX. All patients had very high ATI levels (>200 ng/ml), but no TRI was detected. Following the addition of azathioprine, 6 of 13 patients (55%) achieved clinical remission at 6 months, with normalisation of pharmacokinetics and biomarkers.

In our study, we opted for this therapeutic approach in only 2 patients who had negative ATI and normal TRI, given that most of the patients who were on IFX had benefited from combo-therapy from the outset. Only one patient (50%) achieved clinical remission at 6 months.

In the case of normal doses, optimisation does not appear to be an appropriate solution. Afiff et al [9] reported a response rate of less than 20% after optimisation.

Yanai et al [11] showed a response rate of less than 25% at 12 months after optimisation, whereas a change of therapeutic class resulted in a lasting clinical response in more than 80% of cases ($p = 0.006$).

Paul et al showed in a prospective study [10] that if assays were normal before optimisation, the clinical response rate after optimisation was 20%.

Despite this, in our study we opted for optimisation for 2 of our patients with normal TRI assays, since we had already exhausted all other available therapeutic options. Prolonged remission at one year was obtained in both patients, results that are contradictory with other studies, and may be attributed to the assay techniques used, which overestimated IRR.

In the event of loss of response to IFX, a treatment algorithm based on the residual level and its antibody may be proposed (Table 4).

Table 4. Therapeutic algorithm in the event of loss of response to IFX based on the pharmacokinetics of the compound [64]

Perte de réponse clinique	ATI négatifs ou transitoires	ATI permanents et élevés
TRI thérapeutiques	Changement de classe	Changement de classe
TRI bas ou indétectables	Optimisation de l'IFX	Changement d'anti-TNF ou ajout d'un IS

In our study, we found that 34% had no primary response (of whom 4 were on ADA and 14 were on Infliximab), a rate comparable with most of the studies cited above.

After TDM, 50% had immunisation against anti-TNF compared with 44% who were underdosed and only one patient on ADA had a normal dose.

Two major points should be borne in mind before discussing our therapeutic modification in the event of a loss of response:

1. The loss of efficacy against TNF is not limited to the appearance of Ac (immunogenic effect). There are many other possibilities to discuss. It is therefore imperative to check whether the patient's disease has actually appeared (endoscopy, imaging, biology, faecal calprotectin), because intestinal functional impairment (IFI) is very common (between 30% and 50%). Table 5 summarises the different mechanisms of loss of anti-TNF response

Table 5. Mechanisms of loss of response to anti-TNF

Inflammation non contrôlée de la MICI (taux sériques bas d'anti-TNF)
Perte de réponse liée à la présence d'anticorps anti anti-TNF
Consommation de l'anti-TNF par une inflammation
Clairance non liée à un phénomène immunogène
Non observance thérapeutique
Inflammation non contrôlée de la MICI (taux sériques thérapeutiques d'anti-TNF)
Exacerbation paradoxale par un anti-TNF
Autres mécanismes d'inflammation que le TNF
Inflammation non liée à une poussée de MICI (taux sériques thérapeutiques, CRP élevée)
Infection !
Autres (vascularites, ischémie)
Mécanismes non inflammatoires (taux sériques thérapeutiques, CRP normale)
Sténoses fibreuses
Cancer
TFI
Autres

2. The choice of IFX optimisation:

The results were the same with a decreasing interval (every 6 weeks) and an increasing dose (10 mg/kg) every 8 weeks [17]. No study has examined whether such an algorithm could be provided in patients who have lost clinical response to adalimumab. In one study [18] of IBD patients, patients were unresponsive to adalimumab and serum ADA and anti-ADA antibody measurements were taken prior to optimisation. All patients were optimised with ADA (40 mg/7 days). For this reason, we propose a comparable treatment algorithm for patients losing clinical response to ADA (40mg/14d SC) (Figure 4).

In terms of cost-effectiveness, Steenholdt et al [19] were able to demonstrate that an individualised approach using reactive CT was actually more effective [19]. Similar results were replicated in a study by Velayos et al. again demonstrating that dose adjustment based on a TDM-based algorithmic approach was more cost-effective than empirical dose escalation [20].

Figure 4 summarises the suggested treatment algorithm for optimal management of anti-TNF treatment failure based on TDM findings [21].

IBD patients at treatment failure → Confirm inflammation: Clinical assessment, biomarkers → Exclude infection and non compliance to treatment → Send for serum drug TLs and ADA levels		
	Detectable ADAs	Undetectable ADAs
Sub-therapeutic drug levels	<u>Immune mediated pharmacokinetic failure</u> Insufficient bioavailability of drug as a result of induced immunogenicity with functional ADA resulting in increased drug clearance Change to alternate drug, within the same class	<u>Non-immune mediated pharmacokinetic failure</u> Insufficient availability of the drug as a result of non-immune mediated pharmacokinetic issues Dose escalate
Therapeutic drug levels	<u>False positive</u> Or <u>Mechanistic failure</u> Repeat TDM levels If repeat results consistent, switch to out of class biologic agent	<u>Mechanistic failure</u> Pharmacodynamic issues inhibition of inflammatory pathway not effective or inflammation driven by an alternate pathway Switch to out of class biologic agent

Fig. 4. Approach based on therapeutic follow-up of treatment failures [21]

Following numerous exposure-response relationships linking targeted T lymphocytes (TLs) to treatment outcomes, the idea of a proactive approach was born to target specific thresholds to avoid primary non-response or loss of secondary response.

The concept of proactive TDM relies heavily on achieving and maintaining threshold drug levels to improve long-term outcomes. However, it is often observed that patients with a lower inflammatory load respond better to treatment and also have favourable pharmacokinetics, leading to higher measured trough concentrations - in this case, the trough concentration is more of a biomarker of favourable pharmacokinetics, rather than a causal factor in improving outcomes [22].

According to one meta-analysis, routine proactive TDM, with repeated measurements of biologic drug concentrations and iterative dose adjustments to achieve target ranges in all patients, regardless of disease activity, provided no additional benefit over conventional management. In eight trials of patients during the maintenance phase of anti-TNF α therapy, most patients had at least a partial clinical response to induction therapy and a fraction were in clinical remission - these patients may have a favourable pharmacokinetic profile, although a detailed analysis of pharmacokinetics was not feasible in this study-level synthesis. This may also explain the lack of difference in the proportion of patients reaching the target threshold and the proportion of patients developing anti-drug antibodies between the proactive CT group and conventional management. It is possible that early measurement of biologic drug concentrations, to identify patients who may have accelerated clearance, and optimisation of a subset of these patients at the start of treatment may offer benefits [23].

To date, only one trial, NOR-DRUM-A, has focused on TDM in the induction phase and has shown no benefit over standard management. Ongoing trials such as OPTIMIZE (NCT04835506) and TITRATE (NCT03937609), in which infliximab was optimised during the induction phase in patients with Crohn's disease and severe acute ulcerative colitis using a pharmacokinetic dashboard, will shed further light on the subject [24].

Another proposed benefit of proactive TDM is the earlier recognition of immunogenicity to anti-TNF α and the ability to optimise treatment by increasing the dose and/or adding immunosuppressants (particularly if anti-drug antibodies are low titre). Observational studies suggest that approximately 25% of patients with loss of response during anti-TNF α maintenance therapy are due to immunogenicity-induced pharmacokinetic failure [25].

It is unclear whether this can be done by a one-off TDM scan at the start of biologic therapy, or whether routine repeated measurements of anti-drug antibodies are required. Only a small proportion of patients in the included trials underwent pre-randomisation TDM and treatment optimisation.

Long-term follow-up (>3 years) of the trial showed no difference in the risk of IBD-related hospitalisation, surgery or corticosteroid use between the two groups; however, patients in both groups continued to receive annual assessments of drug levels and anti-drug antibodies [25].

5 CONCLUSION

Pharmacological dosage of anti-TNF drugs can provide information on the mechanisms of therapeutic escape and thus help to guide the prescription of anti-TNF drugs.

Therapeutic Drug Monitoring (TDM) therefore appears to be a relevant tool in the management of IBD patients. Nevertheless, their considerable cost makes it difficult to use them systematically in routine clinical practice, hence the need for them to be reimbursed by national health insurance organisations.

FUNDING

No funding was received.

ETHICS APPROVAL AND CONSENT TO PARTICIPATE

The authors declare no conflicts of interest. This work was performed following the code of ethics under the supervision of our institution's medical and ethics committee.

COMPETING INTERESTS

The authors declare no competing interests

ABBREVIATIONS

IFX: Infliximab

ADA: Adalimumab

TRI: Residual level of Infliximab

TRA: Residual level of ADA

ATI: Antibody anti infliximab

AAA: Antibody anti-adalimumab

IS: Immunosuppresseur

TDM: Therapeutic Drug Monitoring

AC: Antibody

REFERENCES

- [1] NY), Cheifetz A. Présentation du suivi thérapeutique des agents biologiques chez les patients atteints d'une maladie inflammatoire de l'intestin. *Gastroentérol Hepatol*. 2017. 556–559., 13.
- [2] Seow CH, Newman A, Irwin SP, Steinhart AH, Silverberg MS, Greenberg GR. L'infliximab sérique résiduel: un facteur prédictif du résultat clinique du traitement par l'infliximab dans la colite ulcéreuse aiguë. *Intestin*. 2010 et 49–54., 59.
- [3] Karmiris K, Paintaud G, Noman M, Magdelaine-Beuzelin C, Ferrante M, Degenne D, Claes K, Coopman T, Van Schuerbeek N, Van Assche G, Vermeire S, Rutgeerts P., Torres J, Bonovas S, Doherty G, Kucharzik T, Gisbert JP, Raine T, Adamina M, Armuzzi A, Bachmann O, Bager P, Biancone L, Bokemeyer B, Bossuyt P, Burisch J, Collins P, El-Hussuna A, Ellul P, Frei-Lanter C, Furfaro F, Gingert C, Gionchetti P, Gomollon F. ECCO Guidelines on Therapeutics dans la maladie de Crohn: traitement médical. *Colite de J Crohn*. 2020; 14: 4–22. 2020. 2020; 14: 4–22.
- [4] Lobo ED, Hansen RJ, Balthasar JP. Pharmacocinétique et pharmacodynamique des anticorps. *J Pharm Sci*. 2004 et: 2645–2668., 93.

- [5] Ben-Horin S, Chowers Y. Article de synthèse: perte de réponse aux traitements anti-TNF dans la maladie de Crohn. *Aliment Pharmacol Ther.* 2011 et: 987–995., 33.
- [6] Billioud V, Sandborn WJ, Peyrin-Biroulet L. Perte de réponse et nécessité d'une intensification de la dose d'adalimumab dans la maladie de Crohn: une revue systématique. *Suis J Gastroenterol.* 2011 et: 674–684., 106.
- [7] Nanda KS, Cheifetz AS, Moss AC. Impact des anticorps dirigés contre l'infliximab sur les résultats cliniques et les taux sériques d'infliximab chez les patients atteints de maladies inflammatoires de l'intestin (MICI): une méta-analyse. 2013. *Suis J Gastroenterol.* 2013; 108: 40–47; quiz 48.
- [8] Baert F, Noman M, Vermeire S, Van Assche G, D' Haens G, Carbonez A, Rutgeerts P. Influence de l'immunogénicité sur l'efficacité à long terme de l'infliximab dans la maladie de Crohn. *N Engl J Méd.* 2003 et: 601–608., 348.
- [9] Afif W, Loftus EV, Jr., Faubion WA, Kane SV, Bruining DH, Hanson KA, Sandborn WJ. Clinical utility of measuring infliximab and human anti-chimeric antibody concentrations in patients with inflammatory bowel disease. *Am J Gastroenterol* 2010 et 1133-9., 105.
- [10] Paul S, Del Tedesco E, Marotte H, et al. Therapeutic drug monitoring of infliximab and mucosal healing in inflammatory bowel disease: a prospective study. *Inflamm Bowel Dis* 2013 et 19: 2568-76.
- [11] Yanai H, Lichtenstein L, Assa A, et al. Levels of Drug and Antidrug Antibodies Are Associated With Outcome of Interventions After Loss of Response to Infliximab or Adalimumab. *Clin Gastroenterol Hepatol* 2014 Jul 25.
- [12] Ungar B, Chowers Y, Yavzori M, et al. The temporal evolution of antidrug antibodies in patients with inflammatory bowel disease treated with infliximab. *Gut* 2014 et 63: 1258-.
- [13] Vande Casteele N, Gils A, Singh S, et al. Antibody response to infliximab and its impact on pharmacokinetics can be transient. *Am J Gastroenterol* 2013 et 108: 962-71.
- [14] Pariente B, Pineton de Chambrun G, Krzysiek R, et al. Trough levels and antibodies to infliximab may not predict response to intensification of infliximab therapy in patients with inflammatory bowel disease. *Inflamm Bowel Dis* 2012 et 18: 1199-206.
- [15] Ben-Horin S, Waterman M, Kopylov U, et al. Addition of an immunomodulator to infliximab therapy eliminates antidrug antibodies in serum and restores clinical response of patients with inflammatory bowel disease. *Clin Gastroenterol Hepatol* 2013 et 11: 444-.
- [16] Leclerc M, Paul S, Roblin X. Cinétiques des ATI prédit la perte de réponse clinique au cours des MICI. In JFHOD. Edited by. Paris et 2014: P479.
- [17] Kopylov U, Mantzaris GJ, Katsanos KH, et al. The efficacy of shortening the dosing interval to once every six weeks in Crohn's patients losing response to maintenance dose of infliximab. *Aliment Pharmacol Ther* 2011 et 33: 349-57.
- [18] Roblin X, Rinaudo M, Del Tedesco, et al. Development of an algorithm incorporating pharmacokinetics of adalimumab in IBD. *Am J Gastroenterol* 2014 et 109: 1250-6.
- [19] Steenholdt C, Brynskov J, Thomsen OØ, Munck LK, Fallingborg J, Christensen LA, Pedersen G, Kjeldsen J, Jacobsen BA, Oxholm AS, Kjellberg J, Bendtzen K, Ainsworth MA. Le traitement individualisé est plus rentable que l'intensification de la dose chez les patients atteints de la maladie de Crohn qui perdent la réponse au traitement anti-TNF: un essai contrôlé randomisé. *Intestin.* 2014. 2014; 63: 919–927.
- [20] Velayos FS, Kahn JG, Sandborn WJ, Feagan BG. Une stratégie basée sur les tests est plus rentable que l'escalade de dose empirique pour les patients atteints de la maladie de Crohn qui perdent leur réactivité à l'infliximab. *Clin Gastroenterol Hepatol.* 2013. 2013; 11: 654–666.
- [21] Ma C, Battat R, Jairath V, Vande Casteele N. Avancées dans la surveillance thérapeutique des médicaments pour les petites molécules et les thérapies biologiques dans les maladies inflammatoires de l'intestin. *Options Curr Treat Gastro-entérol.* 2019. 2019; 17: 127–145.
- [22] coll., Dreesen E, Baert F, Laharie D. et. Le suivi d'une association de calprotectine et d'infliximab permet d'identifier les patients présentant une cicatrisation muqueuse de la maladie de Crohn. *Clin Gastroenterol Hepatol.* 2020. 18: 637-646.e11
- [23] KB, Irving PM, Gecse. Optimiser les thérapies par le suivi thérapeutique des médicaments: stratégies actuelles et perspectives d'avenir. *Gastroentérologie.* 2022;. (162: 1512-1524).
- [24] coll., Papamichael K, Afif W, Drobne D. et. Surveillance thérapeutique des médicaments biologiques dans les maladies inflammatoires de l'intestin: besoins non satisfaits et perspectives d'avenir. *Lancet Gastroenterol Hepatol.* 2022. 7: 171-185.
- [25] coll., Vande Casteele N, Herfarth H, Katz J. et. Examen technique de l'American Gastroenterological Association Institute sur le rôle de la surveillance thérapeutique des médicaments dans la gestion des maladies inflammatoires de l'intestin. *Gastroentérologie.* 2017. 153: 835-857.e6.

Analysis of long-term rainfall trends and change point in Bandama Basin, Côte d'Ivoire

N'Guessan Kouamé Emmanuel Abo and Gneneyougo Emile Soro

Laboratoire Géosciences et Environnement, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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 this study is to analyse long-term trends and rainfall breaks in the Bandama River catchment. To achieve this objective, the study used data from nineteen (19) rainfall stations from 1950 - 2020. The methodology adopted was based on the Mann Kendall (classical and modified), Kruskal Wallis and Cumulative Deviation statistical tests to detect and analyse significant changes in the rainfall series. The results show that 58% of the stations show a significant downward trend at the 5% risk without taking into account the Hurst effect, while with the Hurst effect only 32% of the stations show significant downward trends at the 5% risk. The breaks detected in this study oscillate around 1970 with a deficit ranging from -6% to 23 %. Furthermore, the Moran Index (MI) revealed a spatial dependence in the rainfall series of the catchment.

KEYWORDS: West Africa, Bandama, Climate change, Hurst phenomenon, Statistical test.

1 INTRODUCTION

West Africa is a region that is particularly vulnerable to climate change. The vulnerability of sub-Saharan Africa to the effects of climate variability and change is one of the issues most discussed by the scientific community, institutions and the media. Because of its low capacity to adapt and the high sensitivity of its socio-economic systems, this part of the world is one of the most vulnerable regions to climate change [1]. Like most countries in sub-Saharan Africa, Côte d'Ivoire is also vulnerable to the effects of this phenomenon. Long-term climate change linked to changes in rainfall patterns and rainfall variability is very likely to increase the frequency of droughts and floods in this country. Côte d'Ivoire has a strong relationship with the climate because of its economy based on rain-fed agriculture and its heavy dependence on the flow of rivers for the production of hydroelectricity. This climatic variability manifested itself in Côte d'Ivoire towards the end of the 1960s and early 1990s in a downward trend in rainfall ([2], [3], [4], [5]). It first affected the north, then gradually spread to the center and finally to the coast [6]. These rainfall anomalies have had an exceptional impact on the country's northern and central regions. In Côte d'Ivoire, there are several studies on climate variability and rainfall trends over the period 1960-2000, for example ([7], [8], [9]), but few ([10], [11], [12]) have looked at climate variability in the early years of the 21st century. While temperature increases are a certainty, precipitation trends are much more mixed, as they are subject to strong spatial-temporal variability. The aim of this study is to examine the long-term evolution of annual rainfall in the Bandama catchment, one of the basins subject to anthropogenic pressures and whose water resources are much in demand for multiple uses. Indeed, the detection of trends and abrupt changes in its rainfall series are fundamental questions in understanding the response of the hydrological environment to the effects of climate change, particularly in terms of freshwater availability.

2 DATA AND METHODS

2.1 OVERVIEW OF THE STUDY AREA

The geographical location of the study area is shown in Figure 1. The Bandama river basin is located in Côte d'Ivoire. The river rises in the north of Côte d'Ivoire between the towns of Korhogo and Boundiali. Its catchment area covers 97,000 km² and is 1,050 km long. The Bandama basin extends over three climatic regimes. Its northern part is characterized by a dry subtropical climate (between 1000 mm and 1700 mm). This zone has a unimodal rainfall distribution or regime, with distinct

wet (rainy) and dry seasons. The central (equatorial climate) and southern (humid equatorial climate) parts of the basin are characterized by two rainy seasons. In the equatorial climate, annual rainfall exceeds 1,500 mm. The amount of rainfall is higher in the humid equatorial climate, with an annual average of 1800 mm. Vegetation cover in the Bandama catchment area varies from north (savannah) to south (forest). The topography of the Bandama catchment is gentle, with a maximum elevation of 809 m above sea level.

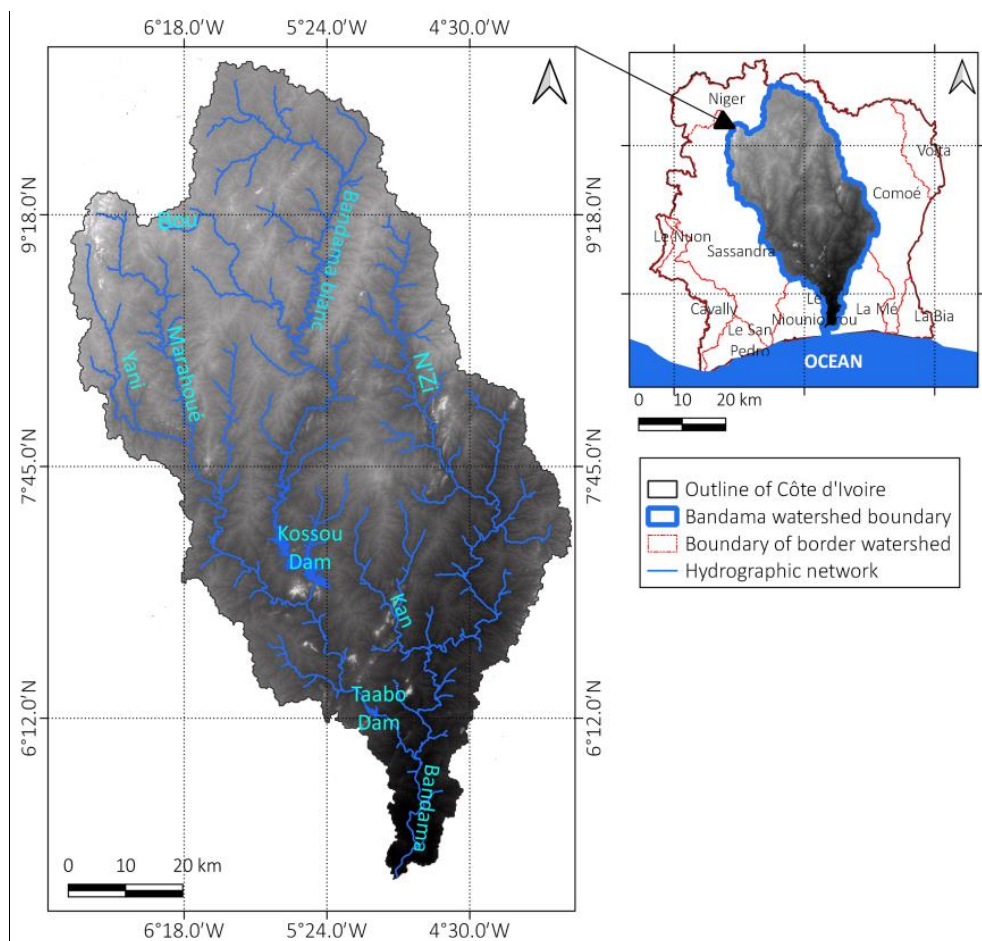


Fig. 1. Geographical location of the Bandama River watershed

2.2 DATA

The climatic data was made available by the National Meteorological Department of Côte d'Ivoire (SODEXAM). The data consists of annual rainfall for the period 1950-2020. The gaps detected were filled using the Regional Vector method. The stations were chosen to ensure good spatial coverage of the different climatic zones in the Bandama basin (Figure 2). Meteorological stations located outside the catchment were used because the climatic variables measured at these stations influence the flows in the catchment.

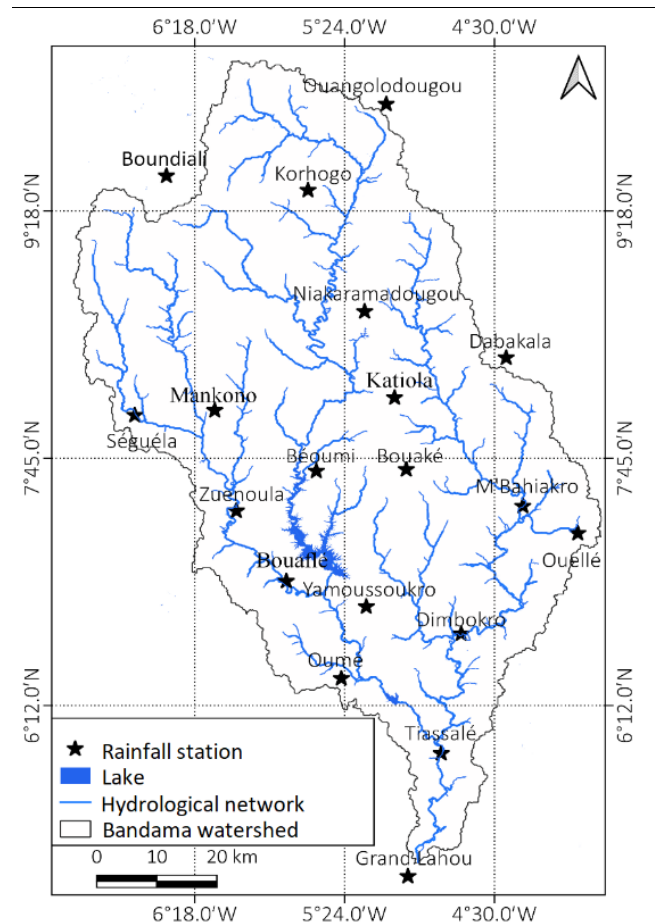


Fig. 2. Spatial distribution of the rain gauge stations

2.3 METHODS

2.3.1 DETECTION OF LONG-TERM TRENDS

2.3.1.1 MANN KENDALL TEST WITHOUT TAKING AUTOCORRELATION INTO ACCOUNT

The classic Mann-Kendall test is used to check whether there is a trend in time series data. This non-parametric test is robust to the influence of extremes and can be applied to biased variables [13]. More specifically, this non-parametric trend test is the result of an improvement on the test first studied by [14], then taken up by [15] and finally optimised by [16], [17] and [18].

The Mann-Kendall test is based on the sign of the difference between the ranks of a time series. Let $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ be a time series, and the Mann-Kendall statistic is given by:

$$a_{ij} = \text{sign}(x_j - x_i) = \text{sign}(R_j - R_i) = \begin{cases} 1 & \text{si } x_j > x_i \\ 0 & \text{si } x_j = x_i \\ -1 & \text{si } x_j < x_i \end{cases}$$

And R_j , R_i are respectively the ranks of observations x_1 and x_2 in the series. Under the assumption that the data are independent and identically distributed, the mean and variance of the test statistic S above are given by [15]:

$$E(S) = 0$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

Where n is the size of the series. The existence of equal observations in the series leads to a reduction in the variance of S , which becomes:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} - \sum_{j=1}^m t_j(t_j-1)(2t_j+5)/18$$

Where m is the number of groups of equal observations and t_j is the number of equal observations in group j . We can normalise the test statistic and obtain a new test statistic u :

$$U = \begin{cases} \frac{(S-1)}{\sqrt{V_0(S)}} & \text{si } S > 0 \\ 0 & \text{si } S = 0 \\ \frac{(S+1)}{\sqrt{V_0(S)}} & \text{si } S < 0 \end{cases}$$

Where the subtraction or addition of the unit corresponds to a continuity correction.

The test statistic u is asymptotically Gaussian. The significance of the trend can therefore be assessed under hypothesis H_0 by comparing the $p\text{-value} = P(Z > u)$ (for a one-tailed test) or $p\text{-value} = 2P(Z > |u|)$ (for a two-tailed test) and the confidence level α . If $p\text{-value} < \alpha$ we reject H_0 at risk α , if not we do not reject H_0 .

2.3.1.2 TEST DE MANN KENDALL AVEC PRISE EN COMPTE DE L'AUTOCORRELATION

This is a complementary approach to the classic Mann Kendall test, which takes into account the phenomenon of autocorrelation. This test can only be applied if the chronicle has forty (40) or more analyses [19]. Its principle is based on a modification of the Mann-Kendall S test rather than modifying the data themselves:

$$\text{Var}_p(S) = \gamma \cdot \text{Var}_{p=0}(S)$$

Where γ is a correction factor applied to the variance [20]. The mean and variance of the Mann-Kendall (S) statistic under the assumption of long-term persistence (LTP) are given by [13]:

$$E(S) = 0$$

$$\text{Var}(S) = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{l=k+1}^n \frac{2}{\pi} \sin^{-1} \left(\frac{\rho_{jl} \cdot \rho_{il} \cdot \rho_{jk} + \rho_{ik}}{\sqrt{(2-2\rho_{ij})(2-2\rho_{kl})}} \right)$$

Where $\rho_{ij} = \rho(j-i)$ $i=1:n$ are the autocorrelation coefficients.

The significance level chosen for autocorrelation is 5%. In practice, autocorrelation coefficients must be calculated using an estimate of the Hurst coefficient in the autocorrelation formula $\rho(h)$.

$$\rho(h) = \frac{1}{2} [|h+1|2H-2 |h|2H + |h-1|2H]$$

With $h \geq 0$; H is the Hurst parameter.

Hamed proposes to use a maximum likelihood (ML) approach derived from that proposed by [21]. The main steps are as follows:

First, we need to remove the trend on the data using the non-parametric trend estimator of [22] which is given by:

$$S_o = \text{médiane} \left(\frac{x_j - x_i}{j-1} \right)_{(i < j)}$$

Equivalent normal variables Z_t are then obtained by a "normal score" transformation:

$$Z_t = \Phi^{-1} \left(\frac{R_t}{n+1} \right)$$

Where R_t is the rank of the observation whose trend has been removed, n the number of observations and $\Phi^{-1}(\cdot)$ is the inverse of the distribution function of a reduced centered normal law.

Finally, the Hurst coefficient can be estimated by maximizing the log-likelihood function:

$$\text{Log } L(H) = -\frac{1}{2} \log |C_n(H)| - \frac{Z^T [C_n(H)]^{-1} Z}{2\gamma_0}$$

Où $Z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$, $\gamma_0 = \text{var}(Z)$ et $[C_n(H)] = [\rho(j-i)]$, $i = 1: j = 1: n$

The estimate of H obtained is approximately normally distributed. In the case of independence, when $H=0.5$, the mean and standard deviation of the estimator are functions of sample size n and can be approximated by [13]:

$$\mu = 0.5 - 2.874n^{-0.9067}$$

$$\sigma = 0.7765n^{0.5} - 0.0062$$

Using the above equations, we can evaluate the significance of the estimated Hurst H coefficient.

For bias correction, the estimated Hurst parameter can be substituted in the modified Mann-Kendall variance equation, leading to a $V^*(S)$ estimate of the variance of the Mann-Kendall statistic.

However, this variance estimate is a biased estimate of the true $V(S)$ variance when an estimated ETP coefficient from the data is used instead of the true Hurst H coefficient. A bias correction factor B can be obtained to compensate for the sub-estimation of the variance resulting from the H estimation method.

The bias correction factor $B = \frac{V(S)}{V^*(S)}$ was obtained from [13] by comparing the theoretical variance with the variance estimated on the basis of a large number of simulated data. The bias correction factor B was regressed on the size n and the coefficient H on the basis of 90,000 simulations of combinations of $n = 20$ to 200 and $H = 0.01$ to 0.99. The relationship below leads to a good fit ($R^2 = 0.9996$):

$$B = a_0 + a_1 H + a_2 H^2 + a_3 H^3 + a_4 H^4$$

Where:

$$a_0 = \frac{1.0024n - 2.5681}{n + 18.6693}; a_1 = \frac{-2.2510n + 157.2075}{n + 9.2245}; a_2 = \frac{15.3402n - 188.6140}{n + 5.8917}; a_3 = \frac{-31.4258n + 549.8599}{n - 1.1040}$$

$$a_4 = \frac{20.7988n - 419.0402}{n - 1.9248}$$

2.3.2 DETECTION OF SINGLE AND MULTIPLE BREAKS

2.3.2.1 KRUSAL WALLIS TEST

The Krusal Wallis test is a non-parametric statistical test used to determine whether data from one period are significantly different from another. It is a test for detecting multiple breaks. It is applied to chronicles whose data have a non-normal distribution and at least 10 values. If the p -value of the test is less than the risk of error (5%), there is a difference between the data for at least two periods. The null hypothesis is that the periods are not different from each other. The calculated statistic is defined as follows:

$$K = (n-1) \frac{\sum_{i=1}^g n_i (\bar{r}_i - \bar{r})^2}{\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (r_{ij} - \bar{r})^2}$$

Where g is the number of periods, n_i is the number of observations in period i , r_{ij} is the rank of observation j in the group

i , n is the total number of data, $\bar{r}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} r_{ij}}{n_i}$ and $\bar{r} = \frac{1}{2(n+1)}$.

The statistic is then compared to the quantiles of a Chi 2 distribution with $(g-1)$ degrees of freedom.

2.3.2.2 CUMULATIVE DEVIATION

The Cumulative Deviation is a parametric statistical test used to test whether the means of two parts of a time series are significantly different (for an unknown date of change). It is a test for detecting simple breaks. Its principle is to detect a change in the series mean after m observations:

$$E(x_i) = \mu \quad i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$E(x_i) = \mu + \Delta \quad i = m + 1, m + 2, \dots, n$$

Where μ is the mean of the data prior to the change and Δ is the change in the mean.

From the averages, the cumulative deviations are calculated as follows:

$$S_0^* = 0 \quad S_k^* = \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}) \quad k = 1, 2, 3, \dots, n$$

And the recalculated adjusted partial sums are obtained by dividing the S_k^* values by the standard deviation:

$$S_k^{**} = S_k^* / D_x$$

$$D_x^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}$$

The statistical test Q is: $Q = \max |S_k^{**}|$

It is calculated for each year, with the maximum value indicating the point of change. The critical values of $Q/V(n)$ are given in Table 1 (see below). A value of S_0^* indicates that the mean of the data from the more recent part of the series is significantly higher than that from the older part, and vice versa.

Table 1. Critical value of $Q/V(n)$ for the cumulative deviation test

N	Q/V (n) at the level of confidence		
	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
10	1.05	1.14	1.29
20	1.1	1.22	1.42
30	1.12	1.24	1.46
40	1.13	1.26	1.5
50	1.14	1.27	1.52
100	1.17	1.29	1.55
∞	1.22	1.36	1.63

2.3.3 SPATIAL AUTOCORRELATION WITH THE MORAN INDEX

Spatial autocorrelation is the covariation of properties within geographic space: characteristics at proximal locations appear to be correlated, either positively or negatively [23]. It is an inferential statistic, which means that the results of the analysis are always interpreted in the context of its null hypothesis. It indicates a functional relationship between what happens between a spatial unit and its neighbours [24], [25] proposed a statistic (Moran I) to assess spatial autocorrelation by characterising the correlation between spatially proximate locations, which is defined as:

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (P_i - \bar{P})(P_j - \bar{P})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} (P_i - \bar{P})^2$$

The Moran index is interpreted according to the following hypothesis:

H0: Neighbours do not co-vary in any particular way.

$Iw > 0 \Rightarrow$ positive spatial autocorrelation

When the P_value returned by this tool is statistically significant, the null hypothesis H0 is rejected.

In the equation (P_i , P_j are rainfall at the i th, j th gauge, respectively, in mm; W_{ij} specified in equation 3 is an element of a spatial weight matrix:

$$W = \frac{W^*}{W_0} = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1n} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{n1} & W_{n2} & \dots & W_{nn} \end{bmatrix}$$

The weight matrix W is derived by normalising the adjacency matrix $W^* = [W_{ij}^*]$ with a normalization factor $W_0 = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n W_{ij}^*$. The values of the matrix W_{ij}^* can be calculated in several ways and are defined at the origin as $W_{ij}^* = 1$ if i th and j th are adjacent, and $W_{ij}^* = 0$ otherwise, most commonly. Since 0/1 weighting is used for discrete rather than continuous and geographic data, W_{ij}^* is calculated by the inverse distance method in this study, which is defined as follows:

$$W_{ij}^* = r_{ij}^{-b}$$

Where r_{ij} is the distance between the i th template and the j th template, in m; b is a distance parameter ($b = 1$ in this study).

Moran's I-index formula produces a value for the spatial correlation at proximal locations, i.e. the rainfall measurements in this study, that varies from -1 to 1 [26]. A zero value means a random spatial pattern, and negative values indicate a dispersed spatial distribution while positive values demonstrate correlated spatial features. The Moran Index (MI) close to 1 indicates that there is a high level of positive spatial autocorrelation, and this can be explained by the fact that high/low values are colocated with high/low values [27].

3 RESULTS ET DISCUSSION

3.1 LONG-TERM TRENDS IN ANNUAL RAINFALL

Tables II and III show the results of the classical (MK1), modified (MK2) Mann Kendall (MK1) and modified Mann Kendall (MK2) tests, respectively, on the annual rainfall series for the period 1950-2020. Analysis of long-term rainfall trends at local and catchment scales using the MK1 and MK2 statistical tests revealed significant changes.

If the Hurst effect (H) is not taken into account in the rainfall series, 58% of them show significant downward trends at a 5% risk. 42% of them show downward trends but are not significant at a 5% risk. These results reflect a general decrease in the amount of annual rainfall recorded in the Bandama river catchment. According to [28], [29], [10], this decrease may be a consequence of global warming. Many authors have used different methods to analyse climate variability in other catchment areas in the sub-region, including [30], [31] and [32]. These authors worked on the Bandama Blanc, Comoé, Sassandra and Cavally catchments respectively, and came to the same conclusion, namely that there has been a general decline in rainfall. Taking the Hurst effect into account reduced the number of stations showing significant trends from 58% to 32% at a 5% risk. This result shows that the presence of autocorrelation leads to aberrant trends that are not due to climate change, as indicated by several authors ([33], [13], [34], [35]). En effet, la présence positive ou négative d'autocorrélation biaise la significativité des tests et donc peut conduire à des tendances aberrantes. The positive or negative presence of autocorrelation biases the significance of the tests and can therefore lead to aberrant trends.

Table 2. Characteristics of MK1 and MK2 statistical tests in annual rainfall series from 1950 to 2020 at the local scale

Rainfall station	MK1		Hurst significance (H)		MK2	
	Statistics	<i>p_value</i>	value of H	<i>P_value</i>	Statistic	<i>p_value</i>
Dabakala	-2.55	0.005	0.548	0.207	-0.225	0.057
Boundiali	-3.17	0.001	0.631	0.025	-0.266	0.082
Korhogo	-2.65	0.004	0.466	0.774	-0.23	0.011
Ouellé	1.6	0.111	0.480	0.623	0.135	0.188
Oumé	-2.41	0.008	0.595	0.069	-0.212	0.121
Séguéla	-1.04	0.189	0.611	0.045	-0.105	0.464
Zuénoula	-1.92	0.03	0.57	0.129	-0.174	0.171
Béoumi	-2.08	0.002	0.488	0.578	-0.247	0.012
Tiassalé	-1.87	0.035	0.568	0.134	-0.169	0.18
Ouangolodougou	-1.19	0.144	0.664	0.008	-0.117	0.489
Niakaramadougou	-1.37	0.1	0.416	0.763	-0.132	0.089
M'Bahiakro	-1.68	0.053	0.400	0.625	-0.155	0.034
Mankono	-2.41	0.008	0.402	0.643	-0.211	0.004
Katiola	-1.79	0.043	0.533	0.277	-0.162	0.153
Grd_Lahou	-2.79	0.003	0.487	0.587	-0.237	0.015
Yamoussoukro	-0.13	0.641	0.277	0.052	-0.038	0.824
Bouake	-1.51	0.073	0.512	0.407	-0.143	0.003
Dimbokro	-0.19	0.02	0.569	0.133	-0.108	0.139
Bouaflé	-0.038	0.641	0.661	0.009	-0.187	0.824

Values of *P_value* in bold indicate a significant trend at the 5% level; a negative value of the test statistic indicates a downward trend and a positive value indicates an upward trend

Table 3. Characteristics of MK1 and MK2 statistical tests in annual rainfall series from 1950 to 2020 at the watershed scale

Sub-catchment (outlet)	MK1		Hurst significance (H)		MK2	
	Statistics	<i>p-value</i>	Value of H	<i>P_value</i>	Statistics	<i>P_value</i>
N'Zi (N'Zianoa)	-0.097	0.234	0.453	0.882	-0.097	0.277
Marahoué (Bouaflé)	-0.245	0.003	0.532	0.286	-0.245	0.032
White Bandama (Tortiya)	-0.279	0.001	0.488	0.579	-0.279	0.005
Bandama (Tiassalé)	-0.23	0.005	0.496	0.511	-0.237	0.017

Values of *P_value* in bold indicate a significant trend at the 5% level; a negative value of the test statistic indicates a downward trend and a positive value indicates an upward trend

3.2 MULTIPLE AND SINGLE BREAKS

Tables IV and V show, respectively, the results of applying break tests (Cumulative Deviation and Krusal_Wallis) to the rainfall series of nineteen (19) stations over the period 1950-2020. Analysis of the breaks detected shows that, on average, 66% of the rainfall stations predict significant downward breaks at the 5% threshold, with the majority of break years fluctuating around 1970. All of the years of disruption occur during the period of drastic drought (1968-1990) experienced by West Africa. These results are in line with the various points of change detected in several previous studies of climate variability in West Africa ([28], [36]).

The rainfall deficits recorded range from -4% to -24%, which would mean that the various stations successively experienced a wet climatic phase before the disruption and a dry one afterwards. In their studies of points of change and recent rainfall trends in the Cavally basin, the authors [32] concur. In their studies, these authors found two climatic periods separated by a break during the transition from one phase to another. The first phase is wet and generally runs from 1980 to 1995, while the second is dry and runs from 1996 to 2016, with 1996 as the break year.

Using the Cumulative Deviation statistical test, breaks were detected at 68% of the rainfall stations, whereas using the Krusal Wallis statistical test, breaks were detected at just 63% of the rainfall stations. The difference in proportions between

the two tests could be due to the high power of parametric tests compared with non-parametric tests. This assertion is shared by [37], who states in one of his hypotheses that for significance levels of 95% and 90%, the cumulative deviation test (non-parametric test) appears to be more powerful than the Worsley test (parametric test). 63% of the rainfall stations showed significant breaks and 37% showed non-significant breaks at the 5% risk from the two tests used. These breaks mark a change in the rainfall pattern that began in the 1970s. They also confirm the overall decline in rainfall data series around the 1970s. These results corroborate the work of numerous authors in the West African sub-region, namely [9], [4], [38] and in particular in Côte d'Ivoire [29]; [10]; [39] who found breaks around the 1970s in the rainfall series cited by [39].

Table 4. Characteristics of the change point tests from the cumulative deviation of annual rainfall amounts over the period 1950 - 2020

Rainfall station	Years of break-up	Significance index (%)	Deficit
Dabakala	1971	99.78	-3,83
Boundiali	1975	99.99	-21,71
Korhogo	1970	99.58	-16,13
Ouellé	1965	98.26	25,54
Oumé	1979	99.84	-15,25
Séguéla	1979	89.7	-17,95
Zuénoula	1971	99.62	-17,25
Béoumi	1966	99.62	-18,04
Tiassalé	1969	99.72	-16,54
Ouangolodougou	1970	94.31	-12,37
Niakaramadougou	1968	85.41	-10,51
M'Bahiakro	1974	95.95	-11,50
Mankono	1971	97.32	-13,32
Katiola	1980	97.7	-14,87
Grand Lahou	1971	99.94	-23,63
Bouake	1972	72.77	-8,01
Dimbokro	1968	80.25	-6,26
Bouaflé	1972	99.26	-17,09
Yamoussoukro	2000	93.47	10,38

Significance values in bold indicate a point of change with a 5% risk of error

Table 5. Characteristics of the change point tests from Krusal_Wallis of annual rainfall amounts over the period 1950 – 2020

Rainfall station	Homogeneous periods	Significance index (%)	Deficit
Dabakala	1950 -1970; 1971-1990	99.8	-3,83
Boundiali		95.41	-21,71
Korhogo		99.42	-16,13
Ouellé		82.8	25,54
Oumé		95.98	-15,25
Séguéla		96.54	-17,95
Zuénoula		99.31	-17,25
Béoumi		98.73	-18,04
Tiassalé		99.81	-16,54
Ouangolo Dougou		94.46	-12,37
Niakaramadougou		72.13	-10,51
M'Bahiakro		80.81	-11,50
Mankono		96.26	-13,32
Katiola		93.46	-14,87
Grand Lahou		99.81	-23,63
Bouake		68.95	-8,01
Dimbokro		62.67	-6,26
Bouaflé		98.99	-17,09
Yamoussoukro		99.55	10,38

Significance values in bold indicate a point of change with a 5% risk of error

3.3 AUTOCORRÉLATION SPATIALE DES PLUIES ANNUELLES

Table VI shows the spatial autocorrelation of the nineteen rainfall stations using Moran's statistical test. The results show that there is a statistically significant spatial autocorrelation at the 5% threshold within the annual rainfall series of the different stations. The positive value of the Moran index (0.232) indicates that the spatial distribution of high and low values in the rainfall series has been subject to greater spatial aggregation, i.e. high values are aggregated with other high values and low values with other low values [27]. This could either be due to the fact that the stations are subject to practically the same climatic effects or hazards or it could also be due to the values of certain stations being spatially autocorrelated [40].

Table 6. Characteristics of the Moran statistical test of rainfall data

Variables	IM	Z-Score	p_value	Interpretation of Moran Index (MI)
Rain	0.232	1.94	0.053	Positive spatial autocorrelation

Values of P_value in bold indicate a significant trend at the 5% level

4 CONCLUSION

This study was carried out with the aim of understanding long-term rainfall trends in the Bandama river catchment. The study showed that failure to take account of the Hurst effect in the rainfall series can modify the trend results. The year 1970 appears to be the year of the rainfall disruption in the catchment, with deficits ranging from 6% to 23%. The study also revealed a positive spatial correlation between the rainfall stations in the catchment.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank the National Meteorological Directorate (SODEXAM) for making the data available.

REFERENCES

- [1] GIEC, Changements Climatiques: Rapport de synthèse, 2014.
- [2] Hubert P., Carbonnel J.P. et CHAUCHE A. (1989). Segmentation des séries hydrométéorologiques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest. *Journal of Hydrology*, vol. 110, n° 3-4, pp. 349-367. DOI: 10.1016/0022-1694 (89) 90197-2.
- [3] Bricquet J.P., Bamba F., Mahe G., Toure M. et Olivry J.C. (1997). Variabilité des ressources en eau de l'Afrique Atlantique, *PHI-V*, 6, pp. 83-95.
- [4] Servat E., Paturel J.-E., Lubes-Niel H., Kouame B., Masson J.M., Travaglio M. et Marieu B. (1999). De différents aspects de la variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'ouest et centrale non sahélienne, *Revue des sciences de l'eau*, 12, 2, pp. 363-387.
- [5] Brou T., Servat E. et Paturel J.E., 1998, Activités humaines et variabilité climatique: cas du sud forestier ivoirien, *IAHS*, 252, pp. 365-373.
- [6] Kouassi A.M., Kouame K.F., Saley M. B., & Biemi J. (2013). Impacts des changements climatiques sur les eaux souterraines des aquifères de socle cristallin et cristallophyllien en Afrique de l'Ouest: cas du bassin versant du N'Zi-Bandama (Côte d'Ivoire). *Larhyss Journal*, N°16, pp. 121-138.
- [7] Aka A.A., Lubès H., Masson J.M., Servat., Paturel J.E. & Kouamé B. (1996). Analyse de la variabilité temporelle des écoulements en Côte d'Ivoire: approche statistique et caractérisation des phénomènes. *Journal des Sciences Hydrologiques*, vol. 41, n° 6, pp. 959-970.
- [8] Mahé G et Olivry J.C. (1995). Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'Ouest et centrale de 1951 à 1989. *Sécheresse*, vol. 6, n° 1, pp. 109-117.
- [9] Paturel J.E., Servat E. & Delattre M.O. (1998). Analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique. *Journal des Sciences Hydrologiques*, vol. 43, n° 6, pp. 937-945.
- [10] Goula B.T.A., Savané I., Konan B., Fadika V. et Kouadio B.G. (2006). Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins de N'zo et N'Zi en Côte d'Ivoire (Afrique tropicale humide). *VertigO*, vol. 7, n° 1, pp. 1-12.
- [11] Kanohin F., Saley M.B. et Savané I. (2009). Impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau et les activités humaines en zone tropicale humide: cas de la région de Daoukro en Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, vol. 26, n° 2, pp. 209-222.
- [12] Kouakou K. E., Goula B.T.A. and Savané I. Impacts of climate variability on surface water resources in the humid tropics: the case of the trans boundary Comoé basin (Côte d'Ivoire-Burkina Faso). *European Journal of Scientific Research*, vol. 16, no. 1, 2007. pp. 31-43.
- [13] Hamed K. H., 2008. Trend detection in hydrologic data: The Mann-Kendall trend test under the scaling hypothesis, *Journal of Hydrology*, 349: 350-363. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.11.009>
- [14] Mann (1945) Mann H.B. (1945). Nonparametric tests against trend, *Econometrica*; 13: 245–59. McGilchrist CA, Woodyer KD, Note on a distribution-free CUSUM technique, *Technometrics* 1975; 17 (3): 321–5.
- [15] Kendall (1975) Kendall M.G. (1975). Rank correlation methods, p. 202., Griffin, London.
- [16] Hirsch, R. M. & Slack, J. R. (1984). Un test de tendance non paramétrique pour les données saisonnières avec dépendance série. *Recherche sur les ressources en eau/ Volume 20, Numéro 6 / pp. 727 - 732.*
- [17] Dennis Helsel & Hirsch. *Statistical Methods in water resources*. Elsevier, 1992.
- [18] Helsel & Hirsch (2002) Helsel D.R., Hirsch R.M. *Statistical Methods in Water Resources Techniques of Water Resources Investigations*, Livre 4, Chapitre A3. Enquête géologique des États-Unis. 522 pages. 2002.
- [19] Hamed K.H., Rao R. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *J. Hydrol.* 1998; 204, pp. 182-196.
- [20] Lopez B., Leynet A., Blum A, Baran N. (2011). Evaluation des tendances d'évolution des concentrations en polluant dans les eaux souterraines: Revue des méthodes statistiques existantes et recommandations pour la mise en place de la DCE. Rapport final BRGM/RP-59515-FR. 2011.
- [21] Mcleod & Hipel (1978). Préservation de la plage ajustée rééchelonnée: 1. une réévaluation du phénomène de Hurst. <https://doi.org/10.1029/WR014i003p00491>.
- [22] Sen P. K. (1968). Estimations du coefficient de régression basées sur le Tau de Kendall, *Journal of the American Statistical Association*, 63: 324, pp 1379 - 1389, DOI: 10.1080/01621459.1968.10480934.
- [23] Legendre (1993). Autocorrélation spatiale: problème ou nouveau paradigme? *Ecologie / Tome 74, Numéro 6 / pp 1659 - 1673*. <https://doi.org/10.2307/1939924>.
- [24] Papa Ousmane Cisse (2018). Etude de modèles spatiaux et spatio-temporelles. Topologie algébrique [math.AT]. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I; Université de Saint-Louis (Sénégal), Français. NNT: 2018PA01E060. tel-02065990.
- [25] Moran P. (1950). Notes on continuous Stochastic Phenomena. *Biometrika*, pp. 17 - 23.

- [26] Stephens, EM; Bates, PD; Freer, JE; Mason, DC. (2012). L'impact de l'incertitude des données satellitaires sur l'évaluation des modèles d'inondation. *J. Hydrol*, 414, pp. 162 - 173.
- [27] Tiefelsdorf M. (1998). Quelques applications pratiques de la distribution conditionnelle exacte de Moran I. *Articles en sciences régionales* 77 (2), pp. 101 - 129.
- [28] Assemian, E. A., Kouame, F. K., Djagoua, E. V., Affian, K., Jourda, J., Adja, M., Lasm, T. & Biemi, J. (2013). Etude de l'impact des variabilités climatiques sur les ressources hydriques d'un milieu tropical humide: cas du département de Bongouanou (Est de la Côte d'Ivoire). *Revue des sciences de l'eau / Journal of water science*, 26 (3), pp. 247 - 261.
<https://doi.org/10.7202/1018789ar>.
- [29] Savané I., Coulibaly K. et Gioan P. (2001). Variabilité climatique et ressources en eau souterraine dans la région semi-montagneuse de Man. *Sécheresse*, 12 (4), pp. 231 - 237.
- [30] Kouakou, K. E. (2011). Impacts de la variabilité climatique et du changement sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest: Cas du bassin versant de la Comoé. Thèse unique de doctorat, Université d'Abobo-Adjamé, 170 p.
- [31] Kouakou (2019). Impact des Evolutions Climatiques sur les Ressources en eau des Petits Bassins en Afrique Sub-Saharienne: Application au Bassin Versant du Bandama à Tortiya (Nord Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal* March Édition Vol.15, No.9 ISSN: 1857 - 7881 (Print) e - ISSN 1857 – 7431.
- [32] Yao & Soro (2021a). Tendance récente des précipitations et changements brusques sur le bassin versant du Cavally (Afrique de l'Ouest). *Journal international de l'environnement et du changement climatique*, 11 (12). pp. 52 - 66. ISSN 2581 – 8627.
- [33] Soro G. E., Goula B. T. A., Kouassi F. W. & Srohourou B. (2010). Evolution des intensités maximales annuelles des pluies horaires en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 22 (1): pp 33 - 44.
- [34] Biteye (2009). Evolutions dans les régimes Hydrologiques extrêmes en France: changement climatique et phénomène de Hurst. *Sciences de l'environnement*.
- [35] Yao & Soro, 2021a et b. Detection of Hydrologic Trends and Variability in Transboundary Cavally Basin (West Africa). *American Journal of Water Resources*, 2021, Vol. 9, No. 2, pp. 92-102.
Available online at <http://pubs.sciepub.com/ajwr/9/2/6> + Published by Science and Education Publishing DOI: 10.12691.
- [36] Doumouya I., Kamagaté B., Bamba A., Ouédraogo M., Ouattara I., Savané I., Goula B. T. A., Biemi J. (2009). Impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau et végétation du bassin versant du Bandama en milieu intertropical (Côte d'Ivoire). *Rev. Ivoir. Sco. Technol.*, 14 (2009).pp 203 - 215 ISSN 1813 - 3290.
- [37] Soro G, E., (2011). Modélisation statistique des pluies extrêmes en Côte d'Ivoire, Thèse Doctorat d'Etat de l'Université Nangui Abrogoua Abidjan, pp. 39-43.
- [38] Ardoin B.S. (2004). Variabilité hydroclimatiques et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne, Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, France, 330 p.
- [39] Kouassi A.M., Kouamé K.F., Goula B.T.A., Lasm T., Paturel J.E. & Bmi J. (2008). « Influence de la variabilité climatique et de la modification de l'occupation du sol sur la relation pluie-débit à partir d'une modélisation globale du bassin versant du N'Zi (Bandama) en Côte d'Ivoire », *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, vol. 11, pp 207-229.
- [40] Gallo J. L. (2002). Économétrie spatiale: l'autocorrélation spatiale dans les modèles de régressions linéaire. Dans *Economie & Prévision* 2002/4 (n°155), pp 139 - 157.

Le rôle de la communication dans la qualité des écoles maternelles de la ville de Butembo, RDC

[The role of communication in the quality of nursery schools in the city of Butembo, DRC]

Barthelemy Muzaliwa Balume¹, Jusline Kavugho Madirisha², and Lucie Kahambu Kighuta³

¹Anglais - Culture Africaine, Institut Supérieur Pédagogique de Kaziba, Kaziba, Sud-Kivu, RD Congo

²Science de l'éducation, Université Libre des Pays de Grands Lacs de Butembo, Butembo, Nord-Kivu, RD Congo

³Secondaire Général, Institut MAJENGO, Goma, Nord-Kivu, RD Congo

Copyright © 2023 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 research has explored the role of communication in the development of quality education in nursery schools in the town of Butembo in the Democratic Republic of Congo. The Congolese education sector in general, and nursery schools in particular, is plagued by a host of difficulties that hamper the achievement of quality learning. The majority of teaching staff are less pedagogically equipped, due to a lack of resources and ongoing training. Infrastructure to support teaching and learning is not available in nursery schools. Further to all of this, communication is also inadequate, and this hinders the achievement of the objectives of this specific level. How is communication manifested in nursery schools? How is bilingualism managed in nursery schools? These are the questions that guided this reflection. As for methodology, the qualitative approach was used through the documentary method associated with observation. The findings of this research are as follows: communication is inadequate at nursery school level, due to the lack of availability and diversity of infrastructures. Similarly, teachers find it difficult to manage bilingualism, given their lack of mastery of learners' colloquial language. As teachers are the key to improving the quality of teaching and learning, in-service training remains a requirement for the development of communication in nursery schools.

KEYWORDS: communication, quality education, nursery school.

RESUME: Cette recherche a porté sur le rôle de la communication dans la qualité des écoles maternelles de la ville de Butembo en République Démocratique du Congo. Le secteur de l'enseignement congolais en général et le niveau maternel en particulier, est rongé par multiples difficultés qui freinent l'atteinte de l'apprentissage de qualité. En majorité le personnel enseignant moins averti du point de vue pédagogique est visible, faute des ressources et des formations continues. Les infrastructures pour favoriser l'enseignement et l'apprentissage ne se révèlent pas disponibles dans les écoles maternelles. Ainsi la communication devient insuffisante et cela conduit à des freins dans l'atteinte des objectifs de ce niveau spécifique. Comment la communication est-elle manifeste dans les écoles maternelles? Comment le bilinguisme est-il géré dans les écoles maternelles? Voilà les questions qui ont guidées cette réflexion. Quant à la méthodologie, nous avons fait recours l'approche qualitative, à travers la méthode documentaire associée à l'observation et à l'entretien. La présente recherche a abouti aux résultats tels que la communication est insuffisante au niveau maternel faute de la disponibilité et diversité des infrastructures. De même, les enseignants ont des difficultés de gérer le bilinguisme vue qu'ils ne maîtrisent pas le langage familier des apprenants. Les enseignants étant la clé de l'amélioration de la qualité de l'enseignement et de l'apprentissage, la formation continue reste une exigence pour le développement de la communication à l'école maternelle.

MOTS-CLEFS: communication, éducation de qualité, école maternelle.

1 INTRODUCTION

Dans le présent article, la réflexion porte sur le rôle de la communication dans la qualité des écoles maternelles de la ville de Butembo. L'école maternelle est une institution où sont accueillis les enfants n'ayant pas encore atteint l'âge scolaire pour la préparation à la vie de l'école. Cette éducation a donc trait à l'apprentissage des pré-concepts, de la langue d'enseignement ainsi que la vie en société des paires de même génération. A l'école maternelle, l'apprentissage est souvent fait via les jeux de toute forme. Ceux-ci favorisent les habitudes de partage des opinions et idées. Par conséquent, grâce au partage des opinions, la communication devient effective en milieu de jeu. Dans l'enseignement, à tous les niveaux, la communication reste la clé de vente et d'achat des connaissances. Pour cette raison, son effectivité reste une exigence. Dans la présente réflexion l'attention se focalise sur la communication à l'école maternelle.

L'éducation à l'école maternelle est le soutien des possibilités d'apprentissage offertes aux enfants dans les systèmes et programmes éducatifs formels [28]. Selon [7], une éducation à l'école maternelle augmente l'assiduité scolaire et le comportement social. Elle a un effet positif sur la santé et permet à un plus grand nombre des parents de vaquer librement aux occupations. Selon Aljabreen et Lash, cités dans [23], en Arabie Saoudite, l'école maternelle a pour but l'exposition de l'enfant à une ambiance de l'école pour faciliter la compréhension dans les classes montantes. Pour Blakemore, Frith, Shonkoff, Phillips, Sylva et Pugh cités dans [24], une éducation de qualité dans la petite enfance est la clé d'un développement des citoyens et du progrès économique de la société. Les enfants qui ont subis une éducation de qualité à l'école maternelle s'adaptent mieux à la vie scolaire [23]. L'éducation préscolaire joue un rôle très important dans l'ensemble du développement de l'enfant car ce qu'il apprend au jeune âge reste gravé en tête. L'enfant en fait objet de son raisonnement pour apprendre à l'âge adulte. Aussi les capacités de tous les secteurs se dégagent à l'âge de 3 à 6 ans. Il s'agit des compétences pour la réussite scolaire et celle de la vie [4].

L'éducation bien faite à l'école maternelle contribue à la réduction des cas d'abandons au niveau primaire [4]. Le besoin d'écoles maternelles est une réalité. Si elles sont bien gérées, les écoles maternelles facilitent l'acquisition des compétences dans les classes ultérieures [13]. Selon le discours scientifique sur l'éducation de qualité, le jeu est l'un des moyens les plus efficaces pour permettre aux enfants d'acquérir les connaissances et compétences essentielles [28]. A côté des jeux se place la communication à l'école maternelle pour l'apprentissage. Grâce à elle, l'enfant apprend à vivre en société avec ses camarades. La communication facilite aussi l'apprentissage des pré-concepts qui seront nécessaires pour l'enseignement de base. Pour [1], l'acquisition du langage est plus importante que son apprentissage. Elle permet une expression libre pouvant faciliter la communication.

En RDC, la langue d'enseignement est apprise et non acquise. A chaque niveau scolaire correspond des objectifs et une méthodologie spécifique pour la contribution au rouage du système scolaire. L'école maternelle à cette fin, a pour but principal, la préparation à la vie scolaire. Ainsi elle ne sera pas conduite comme celle du niveau primaire. Ce dernier niveau scolaire concerne l'apprentissage de la lecture, le calcul et l'écriture. Les exigences de l'enseignement à l'école maternelle se rapportent au personnel enseignant y œuvrant. Elles concernent aussi le matériel de formation et infrastructures. En fait, les enseignants de l'école maternelle auraient à leur possession, avant toute prestation, un diplôme en pédagogie maternelle. Aussi la participation obligatoire à une formation sur la gestion des classes de la maternelle est nécessaire [24]. En plus, dans le [23], il est stipulé l'éducation au niveau maternel est à assurer par les enseignants formés pour cette fin. Par les jeux créatifs, théâtres, musiques et beaucoup d'autres formes des jeux, les apprenants développent la mémoire. Aussi la capacité de travail, l'attention et la maîtrise de soi sont développés [4]. Ainsi l'école devra disposer d'une diversité importante des jouets.

En fait le jeu favorise la communication et permet les acquisitions lexicales. A l'école maternelle le jeu est l'activité principale de l'enfant. C'est le canal des apprentissages [26]. Le jeu offre aussi à l'enfant l'expérience de différents genres discursifs [20]. Pendant qu'il joue avec ses paires, la communication s'impose. A l'occasion l'enfant entreprend des manières d'échanger et discuter, nécessaires pour son avenir. Le jeu permet à l'enfant de communiquer les idées et comprendre celles des autres grâce aux interactions sociales [28]. Les jeux sont donc un des moyens d'apprentissage pour l'enfant de l'école maternelle. Ainsi, ils sont à intensifier et à diversifier. A l'école maternelle les coins jeux sont indispensables. L'enfant y exploite ce qu'il veut sous la conduite de l'enseignant [26].

L'apprenant de l'école maternelle vient directement de l'ambiance familiale. Arrivé à l'école, il trouve des figures très étranges. A ce stade l'enfant ne comprend pas encore ce que c'est la vie scolaire. Il a encore des difficultés de démontrer sa différence avec la vie de la maison. Ainsi il est à accompagner dans ce sevrage. C'est pourquoi Sattes recommande l'implication des parents, des enseignants et autres facteurs qui préparent à la vie scolaire, pour un bon rendement à l'école maternelle [4]. En plus les enfants de l'école maternelle ont besoin d'un bel endroit, bien décoré et arrangé, propre, attrayant et contenant une diversité des jouets. Aussi, l'enseignement au niveau maternelle a besoin de l'utilisation d'un matériel concret pour une bonne fixation [11]. En cas d'impossibilité le semi concret intervient. En fin, pour maintenir un personnel qualifié à l'école maternelle, sa gestion est une évidence. Pour ce, l'offre des avantages sociaux et l'assurance d'un salaire plus compétitif par rapport aux autres niveaux scolaire est nécessaire [3].

1.1 L'ÉCOLE MATERNELLE EN RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE DU CONGO

En RDC, les écoles maternelles font partie du ministère de l'enseignement primaire, secondaire et professionnel. L'établissement d'enseignement maternel est le lieu où est dispensé l'enseignement préscolaire pour les enfants de 3 à 6 ans non accomplis [17]. A l'enseignement maternel, les enfants sont accueillis (cycle de 3ans) mais il s'agit d'un enseignement facultatif [21]. L'entrée à l'école primaire n'est pas du tout conditionnée par le certificat de la maternelle. Les écoles de pédagogie maternelle sont de plus en plus rares. Dans la région de Butembo-Beni, l'unique école fonctionnelle reste moins fréquentée. Sur le plan linguistique la RDC se heurte à des obstacles. Il s'agit de l'insuffisance croissante de la formation linguistique et langagière pour les enseignants. Cette insuffisance s'observe à tous les niveaux scolaires, le maternel inclue. Aussi la rupture totale entre la langue pratiquée dans la vie quotidienne et la langue d'enseignement est observée [19].

Le français comme langue d'enseignement comporte des limites pour son expression, exception faite dans une minorité des familles. Les articles 40, 70, 71 et 145 de la loi cadre de l'enseignement en RDC, traitent de l'école maternelle. Pour ce, les objectifs poursuivis par l'enseignement maternel et l'inspection à ce niveau scolaire sont décrits. La création d'une école maternelle est sanctionnée par l'arrêté du ministre du gouvernement central ou du gouverneur de province. L'enseignement maternel en RDC a pour but d'assurer l'épanouissement de la personnalité de l'enfant. Il concourt essentiellement à l'éducation sensorielle, motrice et sociale de l'enfant et à l'éveil de ses facultés intellectuelles. Il prépare à l'enseignement primaire. L'enseignement maternel est organisé en cycle unique de 3ans et accueille les enfants de trois à cinq ans. Quant au contrôle de l'enseignement, chaque province éducationnelle a un IPPAM (Inspecteur Principal Provincial Adjoint, chargé de la Maternelle) pour cette fin. Ainsi, même s'il est facultatif en RDC, l'enseignement au niveau maternel possède une organisation. En province éducationnelle Nord Kivu 2, les écoles secondaires de pédagogie maternelle sont très rares. Ainsi les enseignants bénéficient des formations et recyclages de la part des inspecteurs attachés à l'IPPAM. Dans certaines classes des écoles maternelles de la RDC, les coins jeux sont visibles. Ainsi, sont observés les coins bébé et les coins garage. De l'autre côté de la classe, il s'agit des coins animaux domestiques ou sauvages et les coins métiers et cuisine. Bien que l'enseignement maternel ait pour but la préparation à la vie scolaire, les enseignants non informés conduisent les classes comme à l'école primaire.

2 PROBLÉMATIQUE

Parmi les fonctions de l'école maternelle figure la mise en relation de la langue utilisée à l'école et celles parlées en domicile [8]. Le développement du langage n'est que l'imitation, par l'enfant, de ce qui l'entoure [1]. Pour l'enfant, le langage est un phénomène social et la capacité de parler s'acquiert dans l'enfance. En Afrique sub-saharienne, l'apprentissage de la lecture et l'écriture devrait être fait correctement. Cet apprentissage favorise la communication vue qu'elle reste le fondement de l'acquisition des connaissances. Pourtant l'utilisation des langues coloniales entrave l'atteinte de ce but [18]. Dans les pays francophones, les premières classes seraient alimentées par les langues locales. Ceci faciliterait l'apprentissage des bases de l'écriture et la lecture [12]. Mais le constat est que la langue française prime toujours sur les langues locales en RDC. Le bilinguisme est fortement influencé par l'environnement où l'enfant se développe [8]. Pour l'apprenant de l'école maternelle, l'environnement est constitué en grande partie de la famille et des pairs. Malgré les problèmes liés au langage, les enseignants doivent se rendre compte de l'articulation des mots dans le discours des apprenants. Ceci permettra de relever le problème de communication [25].

En RDC, il s'observe un plurilinguisme où le français est la langue officielle. Celui-ci connaît à son côté des langues déclarées nationales [19], [17]. Le français, considéré comme langue d'enseignement est obligatoirement parlé à l'école. Mais lorsqu'il s'agit de s'exprimer avec les parents, amis et connaissances, l'enfant éprouve des difficultés de communication [26]. L'usage du français est d'autant plus formel que les congolais recourent souvent aux langues locales pour faciliter la communication en dehors de l'école. Ceci est fait comme le français reste l'apanage des congolais instruits qui ne sont qu'une minorité de la population [15]. L'insuffisance d'occasions d'expression en langue d'enseignement handicape la communication suffisante de l'apprenant. Par conséquent il pousse à l'apprentissage superficiel. Dans la ville de Bukavu, en RDC, l'enseignant de l'école maternelle se heurte à des situations conflictuelles. Parmi celles-ci figurent celles d'ordre linguistique vue la provenance des apprenants, des familles à différentes langues vernaculaires [5]. La ville de Butembo affiche le problème similaire à celui détaillé ci haut. Les enfants atteignent l'école maternelle avec plus d'une langue vernaculaire. Dans les écoles maternelles, les enfants sont issus des familles hétérogènes du point de vue social, intellectuel et linguistique. Ainsi l'enseignant éprouve d'énormes difficultés surtout comme il ne maîtrise pas toutes les langues vernaculaires de sa classe. Par conséquent, la communication effective n'est pas assurée pour faciliter l'acquisition des connaissances et compétences. La classe devrait pourtant être un lieu où se déploient les interactions comme les dialogues, les discussions, les débats et les négociations [5]. Un rapport direct des interactions ci haut citées avec le langage et l'expression orale est observé. Pour ce la gestion de la cohabitation entre la diversité des langues de la société et le français est à vérifier. L'effectivité de la communication à l'école maternelle en dépendra.

Ainsi ci-après les questions qui vont guider la présente réflexion: (1) Comment se présente la communication dans les écoles maternelles? (2) Comment le bilinguisme est-il géré dans la communication à l'école maternelle?

3 MÉTHODOLOGIE

Pour répondre aux questions initialement formulées pour guider cette investigation, nous avons fait recours l'approche qualitative, à travers la méthode documentaire associée à l'observation et à l'entretien. Compte tenu de la carence des études en rapport avec la communication dans les écoles maternelles de la ville de Butembo, cette étude s'inspire de la littérature, des recherches internationales et des rapports scientifiques sur la qualité de l'éducation, ainsi que des témoignages d'enseignants et de nos expériences professionnelles.

4 RÉSULTATS

Dans cette partie de la réflexion, les idées d'auteurs par rapport à la communication et sa contribution à l'acquisition des connaissances des enfants de la maternelle, sont données. Aussi la gestion du bilinguisme dans les écoles maternelles est analysée.

4.1 LA COMMUNICATION DANS LES ÉCOLES MATERNELLES ET L'ÉDUCATION DE QUALITÉ

La communication dans une classe a trait à l'échange d'idées, d'opinions et d'expériences entre l'enseignant et les apprenants. Parmi les défis de l'éducation à l'école maternelle figure celui relatif à la communication vue que parfois la langue utilisée est différente de celle de la famille. Les premiers jours de classe seraient consacrés à l'apprentissage de la langue d'enseignement [24]. Ceci permettrait l'acquisition des mots et vocabulaires pour l'expression. La communication au niveau d'enseignement maternel est aussi favorisée par le jeu en groupe. Ainsi à l'école maternelle les jeux de la société (qui exigent la présence d'un bon nombre d'enfants) sont les plus favorables [20]. En fait, la communication est obligatoire à la présence de deux ou plusieurs personnes. La pertinence de la communication dans l'enseignement au niveau maternel est indiscutable. Il s'agit d'un impératif pour la transmission et l'acquisition des connaissances vu que le langage joue un rôle d'honneur dans le développement de l'enfant. Il ne lui permet pas seulement de participer aux échanges d'informations, mais surtout il intervient dans la construction des connaissances [6].

4.1.1 LA PERTINENCE DE LA COMMUNICATION EFFECTIVE DANS L'ENSEIGNEMENT AU NIVEAU MATERNEL

L'utilisation de la langue maternelle par les tous petits enflamme la communication même quand ils sont en présence des nouvelles figures. L'engagement dans la communication à la maternelle nécessite la compréhension de ce qui est à faire. Cette compréhension est faite grâce aux pratiques communicatives de l'enseignant [6]. Ceci nécessite la connaissance parfaite de la langue à utiliser pour l'enseignement de la part de l'enseignant. La mise en considération de la langue maternelle à l'école ne contribue pas seulement à son développement. Elle intervient aussi et surtout au développement des compétences des enfants dans la langue d'enseignement [9]. Pour faciliter les apprentissages et la communication dans les écoles maternelles, les langues parlées en famille seraient les mieux favorables. La langue d'enseignement serait introduite à pas pesant. Ceci est fait pour éviter les frustrations liées au langage dès les premières classes de la vie scolaire. La langue maternelle favorise la compréhension en cas de la démonstration des expériences [3], [10]. En plus, le niveau de développement de la langue maternelle est un indicateur du celui de la deuxième langue. Les enfants qui commencent la scolarité en langue maternelle développent de plus grandes capacités à lire dans la langue d'enseignement [9]. Les enseignants de l'école maternelle étant deuxième éducateurs après les parents, sont aussi appelés à avoir des compétences en matière de communication. Ceci leur permettra d'assurer à leur tour la communication. Ces compétences sont aussi utilisées pour créer un climat relationnel avec les familles d'apprenants [22]. Les études menées par Burchinal et ses collègues et celles de Mei-GuiLu démontrent qu'une meilleure qualité de garde d'enfants à l'école maternelle est liée à son développement cognitif. A côté de ce dernier, le développement du langage et de la communication sont aussi visés. Ainsi les auteurs proposent que l'enseignant de l'école maternelle ait des connaissances suffisantes sur l'environnement familial des apprenants. La communication à l'école en dépend largement [4]. Selon Pranling & Asplund, parmi les compétences nécessaires de l'enseignant de la maternelle figure la création quotidienne des occasions de communication et interactions [13]. Pour faciliter la compréhension, les enfants bénéficieront d'un langage simple de la part des enseignants. Le langage simple sera toujours combiné aux travaux en groupe [11]. Pour une communication effective en classe, l'implication des apprenants s'avère nécessaire. Pour ce, à part l'expression orale, l'investissement dans la communication des enfants se traduit par des réactions non verbales. Ces dernières sont faites aux sollicitations des enseignants ou des paires de la classe. Les moyens non verbaux peuvent également être utilisés par l'enseignant pour aider les enfants en difficultés enfin d'assurer la communication en classe [6].

4.1.2 CONTRIBUTION DE LA COMMUNICATION EFFECTIVE À L'ACQUISITION DES CONNAISSANCES À L'ÉCOLE MATERNELLE

La communication joue un rôle très important dans la transmission et l'explication des messages. Il va de même pour les activités d'apprentissage. La communication est nécessaire pour que les apprenants s'imprègnent de la teneur des enseignements du maître. Ainsi le contenu sera bien fourni si l'enseignant a des compétences de communication et est facilement suivi par les apprenants. La

bonne communication permettra également aux enseignants d'atteindre plus facilement les objectifs d'apprentissage. Alors l'enseignant apprendra à utiliser le langage approprié aux apprenants [22]. La communication dans une institution scolaire est attachée à la qualité des enseignants et au matériel disponible à manipuler. Les recherches de Bishop et Adams ont abouti aux résultats selon lesquels dans un environnement scolaire avec insuffisance des matériels et d'enseignants qualifiés, l'insuffisance des occasions de communication sera manifeste. Par conséquent l'acquisition des compétences ne sera pas effective [4]. La qualité des interactions enseignants- apprenants à l'école maternelle est le meilleur indicateur des gains des enfants du point de vue apprentissage [3].

4.2 LE BILINGUISME ET LA COMMUNICATION A L'ÉCOLE MATERNELLE

La langue utilisée par les parents est le principal environnement linguistique à partir duquel l'enfant acquiert sa langue [1]. Or souvent arrivé à l'école l'enfant s'affronte à un langage autre que celui de la famille. C'est alors que l'enseignant se trouve en présence d'un bilinguisme. Le phénomène de bilinguisme est manifeste dans beaucoup des pays du monde où la langue d'enseignement est différente de celles parlées en famille. Malgré la constatation du bilinguisme dans les écoles, la langue d'enseignement semble primer sur les langues des familles. Freeman recommande aux concepteurs des programmes des écoles maternelles de promouvoir les langues qui facilitent l'acquisition des connaissances et le développement linguistique [4]. Il s'agit dans la plupart des cas des langues maternelles dans lesquelles les apprenants se sentent en libre expression. Selon Bruner, le langage est un outil de communication dont l'appropriation s'effectue à travers les expériences interactionnelles du jeune enfant, partagées avec ses interlocuteurs [26]. Pour l'acquisition des compétences linguistiques, les activités d'expression et d'écoute, les jeux impliquant l'apprentissage du nouveau vocabulaire ainsi que les pièces théâtrales en langue d'enseignement sont à organiser. Les histoires à partir d'images sont aussi importantes pour cette fin [16]. Les images de certains objets colorient la classe pour faciliter l'expression. La préférence devrait être liée aux mots et objets habituels en famille pour permettre l'acquisition des pré concepts. Pour la gestion du plurilinguisme en RDC, [19] a proposé l'apprentissage de plusieurs langues. La langue maternelle interviendra pour les premières classes de l'apprentissage et après, suppléera le français. [26] exigent la diversité des coins jeux pour le développement de la langue d'enseignement en classe. En fait, les coins jeux dans une classe contiennent une diversité des jouets selon les catégories, aspirations des enfants et rôle joué pour la vie quotidienne. Pour la réussite du bilinguisme la famille est priée d'initier les enfants dans les langues avant même l'entrée à l'école maternelle [3]. La formation de l'enseignant est obligatoire pour cette fin surtout pour s'imprégner de la culture linguistique des familles d'où viennent les enfants [10].

5 DISCUSSION

En RDC en général et dans la ville de Butembo en particulier, la rareté des écoles reflétant la maternelle est manifeste. Une seule école, moins fréquentée, organise la pédagogie maternelle pour la formation des instituteurs. Sont très rares dans les écoles maternelles les enseignants en possession des diplômes de pédagogie maternelle. Quelques fois les enseignants bénéficient de la formation de la part des inspecteurs attachés à l'IPPAM. Mais [24] soutient que les enseignants de l'école maternelle aient à leur possession, avant toute prestation, un diplôme en pédagogie maternelle. Celui-ci est placé à côté de la participation obligatoire à des formations sur la gestion des classes de la maternelle. Aussi dans le [27] et selon [23], l'éducation au niveau maternel est à assurer par les enseignants ayant reçu une formation suffisante pour cette fin. [24] exige, pour la bonne tenue de l'école maternelle, la diversité des coins jeux. Ces derniers participent au développement de la langue d'enseignement en classe. Pour [4], les apprenants de l'école maternelle développent la mémoire, la capacité de travail, l'attention et la maîtrise pour la réussite du bilinguisme la famille a la tâche d'initier les enfants dans les langues avant l'entrée à l'école maternelle [3]. De son côté, Sattes recommande l'implication des parents et enseignants pour un bon rendement à l'école maternelle [4]. Selon [23], l'école maternelle a pour but l'exposition de l'enfant à une ambiance de l'école pour faciliter la compréhension dans les classes montantes. En RDC, certaines classes de la maternelle sont confondues à celles du primaire vue l'animation similaire. Aussi la rupture totale entre la langue pratiquée dans la vie quotidienne et la langue d'enseignement est observée [19]. En RDC, l'expression française prime sur celle en d'autres langues dès l'arrivée en classe peu importe le niveau d'étude. Le français reste pourtant l'apanage des congolais instruits qui ne sont qu'une minorité de la population [15]. Mais selon [14], dans les pays francophones, les premières classes seraient animées par les langues locales. Ceci facilitera l'apprentissage des bases de l'écriture et la lecture. La mise en considération de la langue maternelle à l'école contribue au développement de l'enfant. Il est aussi la base de l'acquisition des compétences des enfants dans la langue d'enseignement [9]. La langue utilisée par les parents est le principal environnement linguistique à partir duquel l'enfant acquiert sa langue et la compréhension [1]. Mais en RDC, le français, langue étrangère et d'enseignement, est obligatoirement parlé dès l'arrivée à l'école. Freeman recommande aux concepteurs des programmes des écoles maternelles de promouvoir les langues facilitant l'acquisition des connaissances. Ces langues appuieront aussi le développement linguistique [4]. L'engagement dans la communication à la maternelle nécessite la compréhension à faire grâce aux pratiques communicatives de l'enseignant [6]. Ainsi l'insuffisance des occasions de communication se manifeste. Par conséquent l'effectivité dans l'acquisition des compétences sera visible [4]. [22] suggèrent aussi que l'enseignant apprend à utiliser le langage approprié aux apprenants. La formation de l'enseignant est obligatoire pour s'imprégner de la culture linguistique des familles d'où viennent les enfants [10], [27].

6 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Il s'agira à ce niveau de fixer la synthèse de la présente réflexion et des recommandations se rapportant à la communication pour la réussite de l'action éducative au niveau maternel.

6.1 RÉSUMÉ

Cette étude a porté sur le rôle de la communication dans la qualité des écoles maternelles de la ville de Butembo, RDC. L'école maternelle est avant tout une structure qui accueille les enfants n'ayant pas encore atteints l'âge scolaire. Elle est organisée dans le but de préparer ces jeunes âmes à la vie scolaire. Pour cette préparation les enseignants usent des voies et moyens parmi lesquelles les jeux diversifiés pour viser la communication et l'acquisition des connaissances. A l'école, la communication orale prime sur l'écrite. Ceci renforce la nécessité de l'utilisation de la langue. En RDC, il est exigé à l'école l'expression française. Celle-ci est utilisée pour la transmission et les interactions en classe. Les inputs de l'école sont produits par des familles en diverses langues véhiculaires. Arrivés à l'école, ils sont brusquement exposés à une langue étrange. Ainsi l'enseignant se trouve en face d'un bilinguisme à gérer. Pour s'en sortir l'enseignant fera preuve de l'ingéniosité. Pour ce il doit être suffisamment formé pour la gestion des classes des tous petits. Parmi les multiples stratégies le maître procédera à l'enseignement des notions de base pour l'expression en langue d'enseignement. Les jeux collectifs sont de même à intensifier pour faciliter la communication entre élèves. Ils servent aussi pour se rassurer de multiples occasions d'échanges à l'école.

6.2 SUGGESTIONS

De ce qui précède, les options de pédagogie maternelle sont à créer dans chaque entité comme le besoin en enseignants se fait toujours sentir avec les naissances aux coins du pays. Aussi les écoles maternelles sont à équiper en jouets, comme le jeu est le pilier du développement de l'enfant sous diverses dimensions [26], [4]. En fin l'initiation des enfants en langue d'enseignement est à assurer en familles, pour faciliter la maîtrise des pré concepts. Cela fait penser à la présence et l'implication des personnes maîtrisant la langue d'enseignement.

REFERENCES

- [1] Al-Harbi, S. S. (2020). Langage development and acquisition in early childhood. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 14 (1), 69-73, doi: 10.11591/edulearn.v14i1.14209.
- [2] Alberta Education. (2008). Programme d'éducation pour la maternelle, français premier. Direction de l'éducation française.
- [3] Alpar, M. (2010). La nécessité et l'importance de l'enseignement/ apprentissage précoce du français langue étrangère en Turquie. *Synergies Turquie*, 3, 173-179.
- [4] Ashokan, V. & Gurjar, M.S. (2020). Transnational perspective and Practices in Early Childhood Education, *UGC Care Journal*, 40, 4992-5007.
- [5] Barhatulirwa, E.C. (2012). la dynamique interactionnelle en milieu scolaire au niveau de l'enseignement maternel: le cas de la ville de Bukavu. *Synergies Afrique des Grands Lacs*, 1, 135-139.
- [6] Behra, S., Carol, R. & Macaire, D (2016). L'apprentissage de la langue de scolarité: vers une école maternelle 'davantage inclusive'. *Le français d'aujourd'hui*, 4 (195), 47-62.
- [7] Candal, C. S. (2020). A New Agenda for Early Childhood Education. Sketching a New Conservative Education Agenda. American Enterprise Institute.
- [8] Chamboredon, J.C & Prévot, J. (1973). Le 'Métier d'enfant' Définition sociale de la prime enfance et fonctions différentielles de l'école maternelle. *Revue française de sociologie*, 14 (3), 295-335.
- [9] Cummins, J. (2001). La langue maternelle des enfants bilingues. *Sprogforum*, 19, 15-21.
- [10] Diallo, C. B. (2011). Le projet école intégrée (PEI), un embryon de l'enseignement du français langue seconde (FLS) en cote d'ivoire. *Revue électronique internationale de sciences du langage sudlangues*, 15, 40-51.
- [11] Frimpong, S. O. (2021). The influence of perception of the provision of early childhood education in the Kamasu Metropolis of Ghana. *African Educational Research Journal*. 9 (1). 179-188. <https://doi.org/10.30918/AERJ.91.20.142>
- [12] Galtier, G. (2014). Le bilinguisme scripturaire et l'interface des alphabets en Afrique francophone, *ALPHABETS-Informations*, 75, 1-20.
- [13] Gual, A. M. & Penafiel, L. D. (2021). Demands in early childhood education: Montessori Pedagogy, Prepared Environment, and Teacher Training. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, 7 (1), 144-162, <https://doi.org/10.46328/AERJ.91.20.142>
- [14] Guillorel, M.N. (2012). Bilinguisme et apprentissage de la lecture à Madagascar: quelle place pour la phonologie? *Revue française de pédagogie*, 178, 98-113.

- [15] Ilunga, N. (2006). L'usage du français en RDC: problématique et état des lieux. *Le français en Afrique*, (21), 93-109.
- [16] Kilincci, E. & Bayraktar, A. (2021). Early literacy materials and teacher practices in preschool classrooms. *Pegem Egitim ve ogretim Dergisi*, 11 (1), 447-478.
- [17] Loi-cadre numéro 14/004 du 11février 2014 de l'enseignement national.
- [18] M'Boua, C.H (sd). Bilinguisme et performativité scolaire: vers un modèle standardisé abidji/français.
- [19] Makita, J. C. M. (2013). La politique linguistique de la RDCongo à l'épreuve du terrain: de l'effort de promotion des langues nationales au surgissement de l'entrelangue. *Synergies Afrique des Grands Lacs*, 2, 45-61.
- [20] Mc Clelland, M., Tominey, S. L., Schmitt, S. A. & Duncan, R. (2017). SEL Interventions in early childhood. *Spring*, 27 (1). 33-47.
- [21] Mokonzi, G., & Kadongo, M. (2009). République démocratique du Congo. Fourniture efficace de services dans le domaine de l'enseignement public. Johannesburg, Afrique du Sud: Open Society Institute.
- [22] Nurani, Y., Hartati, S., Utami, A.D., Hapidin & Pratiri, N. (2020). Effective communication-Based Teaching Skill for Early Childhood Education Students. *International Journal of Higher Education*, 9 (1), 153-158.
- [23] Rabaah, A., Doaa, D. & Asma, A. (2016). Early Childhood Education in Saudi Arabia: Report. *Wold Journal of Education*, 6 (5), 1-8.
- [24] Sharifian, M. (2018). Early Childhood Education in Iran: Progress and Emerging Challenges. *International Journal of the whole child*, 3 (1), 30-37. RFA 2018. Detroit- Area Early Childhood Workforce study.
- [25] Shaughnessy, M.F & Kleyn, K. (2012). Handbook of Early Childhood Education. Pianta, R. G. (2012). Handbook of early childhood education.
- [26] Thierry, S. Y. A. & Christiane, N. (2017). Langage et le jeu symboliques chez l'enfant en petite section de la maternelle. 61-80.
- [27] UNESCO. (2010). Études des cas sur l'éducation et la prise en charge de la petite enfance (EPPE), Rapport synthèse, Institut international pour le renforcement des capacités en Afrique.
- [28] UNICEF. (2018). Apprendre par le jeu. Renforcer l'apprentissage par le jeu dans les programmes d'éducation de la première enfance.

Cartographie des unités d'occupation du sol du District d'Abidjan depuis le cloud Google Earth Engine, sur la base des images optiques Sentinel-2 et des algorithmes de Machine Learning

[Mapping of land use units in the District of Abidjan using Google Earth Engine cloud, based on Sentinel-2 optical images and Machine Learning algorithms]

**NJEUGEUT MBIAFEU Amandine Carine², YOUAN TA Marc¹⁻², KAMENAN Satti Jean-Robert³, KOUAME Kouadio Armel¹,
ASSOMA Tchimou Vincent², and JOURDA Jean Patrice¹⁻²**

¹Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM), Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan-Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

²Centre Universitaire de Recherche Appliquée en Télédétection (CURAT), Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan-Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

³EDP-INPHB Institut National Polytechnique Houphouët Boigny, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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 this study performed in the Abidjan District is to map land cover units using the Google Earth Engine (GEE) platform and Machine Learning algorithms such as Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM), Classification and Regression Tree (CART), Naive Bayes (NB), and Minimum Distance (MD). The data used include optical Multispectral Sentinel 2A satellite images with a 10-meter resolution, a 12.5-meter Alos Palsar digital terrain model (DTM) resampled to a 10-meter resolution, as well as cartographic data. The implemented methodology starts with the preprocessing and normalization of the composite image. The final composite image is created using eight spectral indices: NDVI, NDWI, MNDWI, VARI, SBI, SAVI, GCI, RGR, along with the first three bands of Principal Component Analysis and slope information. Subsequently, training and validation points are collected and coded based on image reflectance and ground truth data. The different classifiers SVM, RF, CART, MD, and ND are then trained and evaluated using various metrics such as confusion matrix, overall accuracy, producer's accuracy, consumer's accuracy (reliability), and Kappa coefficient. The classification performed with the RF algorithm achieved the highest overall accuracy of 83.28%, with a Kappa coefficient of 0.78. The statistics reveal that the Abidjan District is composed of 28.07% urban areas, 25.35% agricultural and other cultivated areas, 12.39% oil palm plantations, 10.05% rubber plantations, 4.66% banana plantations, 2.53% forests, 3.96% mangroves, 3.80% forest plantations (reforestation), and 9.2% water bodies in 2020. This study has led to an improved mapping of the distribution and proportions of land cover classes in the Abidjan District.

KEYWORDS: (Machine learning, Land cover, Google Earth Engine, Sentinel 2, Alos Palsar, Abidjan, Ivory Coast.

RESUME: L'objectif de cette étude menée dans le District d'Abidjan est de cartographier les unités d'occupation du sol en utilisant la plateforme Google Earth Engine (GEE) et des algorithmes de Machine Learning tels que la forêt aléatoire (RF), la machine à vecteurs de support (SVM), l'arbre de classification et de régression (CART), le naïve Bayes (NB) et la distance minimale (MD). Les données utilisées comprennent des images satellites optiques Multispectrales Sentinel 2A de 10 m de résolution, le modèle numérique de terrain (MNT) Alos Palsar de 12.5m rééchantillonné à une résolution de 10 mètres, ainsi que des données cartographiques. La méthodologie mise en œuvre débute par le prétraitement et la normalisation de l'image composite. L'image composite finale est créée en utilisant huit indices spectraux: le NDVI, le NDWI, le MNDWI, le VARI, le SBI, le SAVI, le GCI, le RGR, ainsi que les trois premières bandes de l'Analyse en Composantes Principales et des informations sur

les pentes. Ensuite, des points d'entraînement et de validation sont collectés et codifiés selon les réflectances de l'image et les vérités terrain. Les différents classifieurs SVM, RF, CART, MD et ND sont ensuite entraînés et évalués à l'aide de différentes métriques telles que la matrice de confusion, la précision globale, la précision du producteur, la précision du consommateur (fiabilité) et le coefficient de Kappa. La classification effectuée avec l'algorithme RF a obtenu la meilleure précision globale, atteignant 83,28%, avec un coefficient de Kappa de 0,78. Les statistiques révèlent que le District d'Abidjan est composé de 28,07% d'espace urbain, 25,35% d'aménagements agricoles et autres cultures, 12,39% de plantations de palmiers à huile, 10,05% de plantations d'hévéa, 4,66% de plantations de bananes, 2,53% de forêts, 3,96% de zones marécageuses, 3,80% de plantations forestières (reboisement) et 9,2% de plans d'eau en 2020. Cette étude a conduit à une meilleure cartographie de la répartition et des proportions des classes d'occupation du sol du District d'Abidjan.

MOTS-CLEFS: Machine learning, Occupation du sol, Google earth engine, sentinel 2, Alos polsar, Abidjan, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La ville d'Abidjan a connu une évolution galopante et par endroit à la limite anarchique ces trois dernières décennies [1]. Elle se retrouve actuellement en train de faire face à de nombreux problèmes tels que les catastrophes naturelles (glissements de terrain, inondations...) [2], [3], [4], [5], [6]. D'où l'intérêt d'avoir une carte détaillée des différents types d'occupation du sol qui le composent en vue d'aider à la gestion de ces risques. Depuis l'avènement des capteurs à haute résolution spatiale (HRS) et très haute résolution spatiale (THRS) dans les années 1990, les méthodes de traitement d'images, notamment la classification, ont connu un développement croissant [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13].

Les méthodes de classification supervisées couramment utilisées basées sur une utilisation de support bureautique local, présentent de bons résultats mais restent limitées en termes d'exhaustivité des informations, d'automatisation et de paramètres pour améliorer les résultats. Le prétraitement des données et l'exécution des algorithmes sur un ordinateur local prennent beaucoup de temps en raison des limitations des ressources telles que la capacité de stockage, la vitesse de traitement et le temps d'analyse visuelle des images. Ce constat souligne l'intérêt d'explorer d'autres techniques et plateformes de classification d'images. Google Earth Engine (GEE) est une plateforme de traitement d'images basée sur le cloud qui offre un accès public à d'importantes collections de données satellitaires. Cette plateforme met à disposition des techniques d'apprentissage automatique pour la classification supervisée et non supervisée. Elle propose également de nombreuses fonctionnalités d'analyse d'images et permet un traitement rapide de vaste collection de données couvrant de vastes zones [14], [15], [16], [17]. De plus, dans la zone d'étude spécifique du District d'Abidjan, les algorithmes d'apprentissage automatique (MLA) ont été rarement utilisés pour différencier les unités d'occupation du sol à partir des données de télédétection multispectrales via la plateforme GEE.

Cette étude vise à explorer le potentiel de Google Earth Engine dans la classification supervisée des unités d'occupation du sol par les algorithmes de machine learning, en milieu urbain au niveau du District d'Abidjan, au Sud de la Côte d'Ivoire. Elle se fixe comme objectif général de comparer les cartes d'occupation du sol de 2020 du District d'Abidjan obtenues par entraînement des algorithmes de machine learning SVM, CART, RF, MD et NB depuis le cloud GEE. De façon spécifique, il s'agit d'exploiter les potentialités de la combinaison d'images optiques multispectrales Sentinel 2A et le MNT de haute résolution ALOS pour cartographier les unités d'occupation du sol à partir des AML SVM, CART, RF, MD et NB en 2020 et de sélectionner la meilleure classification en analysant les paramètres de validation et les statistiques des classes d'occupations du sols obtenues.

2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le District d'Abidjan, qui est l'objet de cette étude, est situé dans la partie méridionale de la Côte d'Ivoire, entre les latitudes 5°13' et 5°37' Nord et les longitudes 3°43' et 4°25' Ouest (Figure 1). Il a une superficie de 2137.43km² et est bordé au sud par l'océan Atlantique, au sud-ouest par le département de Dabou, au sud-est par le département de Grand-Bassam, au nord par le département d'Agboville, à l'ouest par le département de Grand-Lahou, et à l'est par le département d'Alépé.

Le District d'Abidjan est marqué par un climat chaud et humide. Il est caractérisé par un régime climatique de type équatorial de transition, connu sous le nom de climat Attiéen, selon une classification basée sur la durée des saisons, le déficit hydrique et des facteurs pédologiques à l'échelle de la Côte d'Ivoire [18].

En ce qui concerne la végétation du District d'Abidjan, elle se situe dans la région du domaine guinéen et se compose de deux secteurs distincts, à savoir le secteur ombrophile et le secteur littoral. On y trouve différents types de végétations, notamment les forêts sempervirentes denses et humides au nord, les forêts défrichées ombrophiles, les savanes littorales (pré-

lagunaires) ainsi que les forêts marécageuses et les mangroves [19]. La diversité végétale présente dans cette région est illustrée dans la Figure 2.

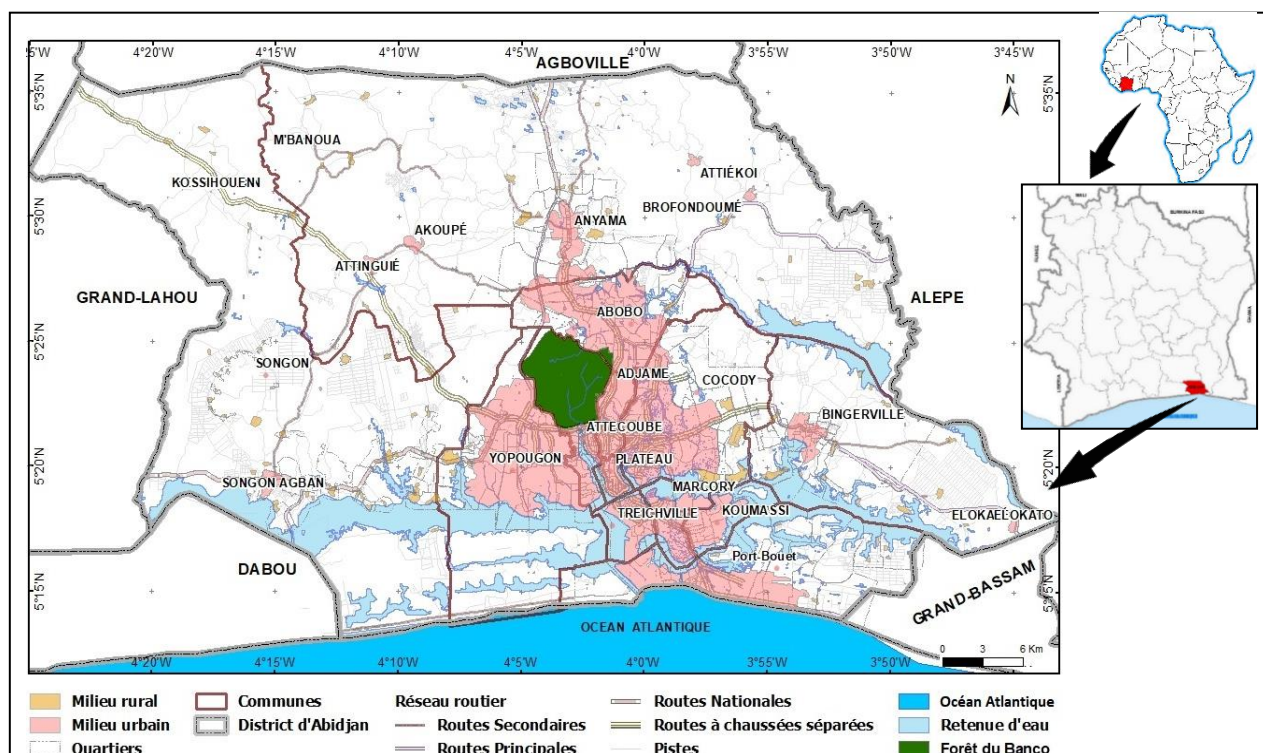


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude



Fig. 2. Végétation du District d'Abidjan, (MCLAU, 2015)

3 MATERIELS ET METHODES

3.1 DONNEES ET MATERIEL

La cartographie des unités d'occupation du sol à partir de Google Earth Engine exploite les données d'imagerie optique provenant du capteur MSI de Sentinel-2. Les images de Sentinel-2 enregistrées pendant la période sèche et sans nuages ont un niveau radiométrique acceptable, ce qui permet une bonne identification des unités d'occupation du sol. Dans cette étude, GEE a été utilisé pour obtenir des données archivées de réflectance du sommet de l'atmosphère provenant de Sentinel-2 (ImageCollection ID: COPERNICUS/S2) offrant la meilleure qualité et un niveau de couverture nuageuse le plus bas possible (0 %). Pour une analyse optimale de la fenêtre temporelle, et la sélection des images de bonne qualité, la période d'acquisition a été fixé du 01 janvier au 31 Marc 2020. Quatre (04) scènes couvrant la zone ont été sélectionnées. Seules les sept bandes multispectrales (bleu, vert, rouge, proche infrarouge [NIR1 et NIR2], moyen infrarouge [MIR1 et MIR2] rééchantillonnées à 10 mètres) ont été utilisées (Tableau 1).

Tableau 1. *Caractéristiques des bandes Multi-Spectrales de (MSI) du satellites Sentinel-2 utilisées*

Scènes de sentinel-2	Canal	Résolution spatiale	Bande spectrale
T30NUL du 05/01/2020 T30NUM du 05/01/2020 T30NVL du 05/01/2020 T30NVM du 05/01/2020	Bleu	10 m	0.46 – 0.52 μm
	Vert	10 m	0.54 – 0.58 μm
	Rouge	10 m	0.65 – 0.68 μm
	Proche infra-rouge (PIR1)	10 m	0.78 – 0.90 μm
	Proche infra-rouge (PIR2)	20 m	0.85 – 0.87 μm
	Moyen infra-rouge 1 (MIR1)	20 m	1.57 – 1.66 μm
	Moyen infra-rouge 2 (MIR2)	20 m	2.10 – 2.28 μm

Le modèle numérique de terrain (DEM) PALSAR du satellite ALOS-1, avec une résolution élevée de 12,5 mètres, a été également utilisé pour extraire le relief et générer des produits dérivés tels que les pentes de la zone d'étude. Ces données d'archive sont disponibles au format Geotiff sur le site de l'Alaska Satellite Facility (ASF).

Les données administratives provenant de la base de données numérique géospatiale de la Côte d'Ivoire, réalisée en 2019 par le BNETD/CIGN, ont également servi pour extraire les contours du District d'Abidjan sur l'ensemble des données.

La cartographie des unités d'occupation du sol a été réalisée à l'aide du langage de programmation JAVA en utilisant le Code Editeur de Google Earth Engine et ses bibliothèques web cartographiques.

3.2 METHODES

La méthodologie utilisée pour cartographier les unités d'occupation du sol (OCS) se décline en cinq étapes essentielles. Tout d'abord, les images Sentinel-2 de l'année 2022 ont été prétraitées. Ensuite, les données d'entrée ont été préparées, notamment en effectuant une mission de collecte d'échantillons d'entraînement et de validation. Puis la classification supervisée des images Sentinel-2 à l'aide d'algorithmes d'apprentissage automatique (machine learning). Après la classification, une évaluation est réalisée pour déterminer la meilleure classification obtenue. Différents critères tels que la précision et l'exactitude sont pris en compte pour sélectionner la classification la plus fiable et représentative. Enfin, une analyse statistique de la carte d'occupation du sol est effectuée, permettant de tirer des conclusions et des informations pertinentes sur les différentes catégories d'occupation du sol. La figure 3 correspondante illustre cette méthodologie.

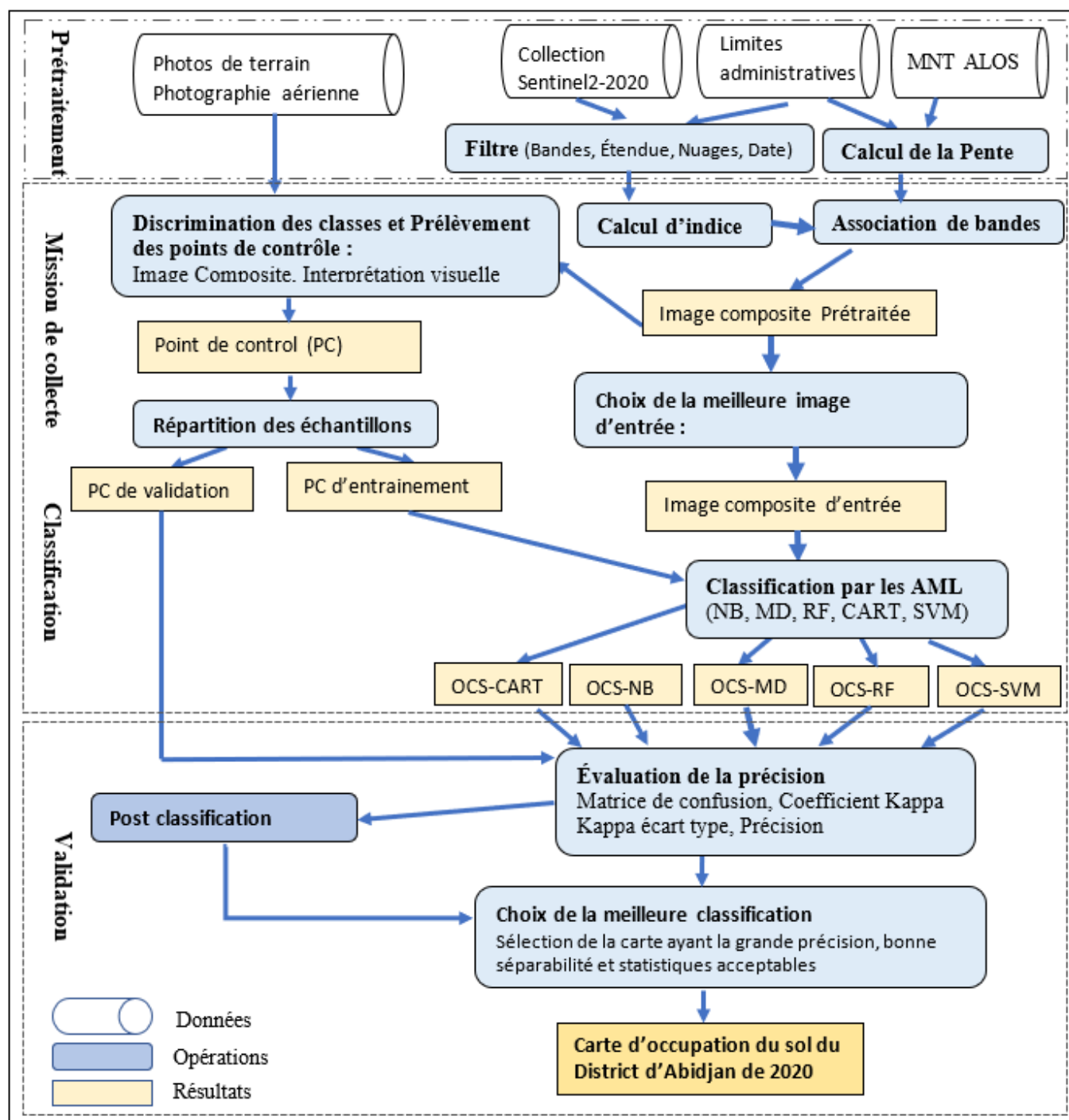


Fig. 3. Processus de classification des images multispectrales Sentine-2A par les algorithmes de Machine CART, RF, MD, NB et SVM Learning depuis GEE

3.2.1 PRETRAITEMENT DES IMAGES

Les traitements préliminaires des images satellitaires, ont pour but de corriger certaines variations de la distribution des données causées par le décalage temporel dans l'acquisition des images. Cette variation s'explique en grande partie par les facteurs comme l'angle d'élévation du soleil, la distance terre-soleil, les conditions atmosphériques, la calibration des capteurs et la géométrie de visée qui affectent les valeurs numériques des pixels.

Le traitement préliminaire appliqué sur les images sentinel-2 a été essentiellement composé de filtres. Pour réduire l'étape de collecte d'images, un processus de filtrage est nécessaire. Dans ce travail, nous avons posé des conditions pour filtrer la

collection d'images à utiliser à l'aide de cinq variables: l'emplacement couvert, le type de produit, l'intervalle de temps, le pourcentage de nuage et la longueur d'onde des bandes.

- La condition sur l'emplacement des images a été imposée par la limite administrative du District d'Abidjan, l'objet de cette étude, que nous avons importée dans l'environnement GEE à partir de l'outil « Table Upload » du module Asset. Ensuite l'extraction des portions couvertes par la limite de la zone, sur la collection obtenue a été réalisée grâce à la commande clip ()
- La condition sur le type de produit s'est faite par la sélection des images Sentinel-2 de réflectance de surface (BOA). Nous avons utilisé des images de niveau 2A, qui sont déjà corrigées atmosphériquement. Dans l'environnement de l'éditeur de code GEE, les images Sentinel-2 de niveau 2A ont été importées en tant que collection d'images (c'est-à-dire un ensemble d'images du moteur Google Earth) grâce à la commande ee.ImageCollection (COPERNICUS/S2_SR)
- La condition sur la période a été fixée, allant du 01 janvier au 31 Mars 2020 dans GEE grâce à la commande filterDate (start, end)
- La condition sur la couverture nuageuse a été faite en imposant une valeur seuil de couverture nuageuse égale à zéro, pour s'assurer d'avoir des données disponibles sur l'ensemble de la zone. Nous avons utilisé la valeur du pourcentage de pixels nuageux, stockée sous forme de métadonnées pour chaque image, pour sélectionner et extraire uniquement les images avec une couverture nuageuse égale à 0% dans la zone d'étude, grâce à la commande filterMetadata ('CLOUD_COVERAGE_ASSESSMENT')
- Enfin la condition sur les bandes à utiliser, s'est faite en tenant compte de la résolution spectrale (longueur d'onde) et la résolution spatiale (valeur du plus petit pixel au sol) de nos différentes bandes. Nous avons appliqué un filtre sur les bandes pour extraire uniquement les bandes du multispectral, rééchantillonnées à une résolution spatiale de 10m (B2, B3, B4, B8, B11, B12), jugées largement suffisantes pour l'identification des unités d'occupation du sol de la zone d'étude, grâce à la commande select (bande)

Ces images prétraitées depuis Google earth engine sont ensuite utilisées pour cartographier l'occupation du sol par les algorithmes de machine Learning (AML)

3.2.2 PREPARATION DES DONNEES D'ENTREES POUR LA CLASSIFICATION PAR LES ALGORITHMES DE MACHINES LEARNING

3.2.2.1 EXTRACTION DES VARIABLES D'ENTREES

Différents paramètres qui mettent mieux en évidence certaines informations ont été extraits de nos images. Il s'agit de l'analyse en composante principale (ACP), des indices spectraux, et des produits dérivés du MNT. Les compositions colorées avec les bandes brutes (ETM4-5-3) et les néocanaux de l'analyse en composantes principales (ACP1-2-3) réalisées en complément des indices ont permis de:

- caractériser les différents types de végétation par rapport à l'intensité de leur activité photosynthétique, leur recouvrement au sol et leur humidité ou niveau de stress hydrique pendant la saison sèche. Il a été ainsi possible de discriminer les forêts et les zones agricoles
- discriminer les différents types d'occupation du sol;
- sélectionner les sites à visiter et orienter sur le terrain;
- choisir des parcelles d'entraînement pour la classification dirigée;
- et choisir les parcelles de validation pour l'élaboration de la matrice de confusion

3.2.2.1.1 L'ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES (ACP)

En appliquant l'analyse en composantes principales (ACP), l'information contenue dans les différentes bandes va être réduite, en un nombre plus restreint de composantes. La composition colorée des trois premières composantes de l'ACP a permis d'augmenter le contraste entre les différentes unités d'occupation sol.

Seule les trois premières bandes (pc1, pc2, pc3) qui regroupent le maximum d'informations ont été retenues.

3.2.2.1.2 INDICES SPECTRAUX

Pour différencier les différents types d'unités d'occupation du sol, les indices spectraux appropriés ont été calculés. Les principaux indices utilisés dans la présente étude sont donnés ci-dessous:

- $NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$ Rouse et al. (1974);
- $GCI = image1.expression('float(((NIR) / (GREEN)) - 1)');$
- $RGR = image.expression('float((RED) / (GREEN))');$
- Indice normalisé de différence des eaux (NDWI): $NDWI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$;
- Indice de brillance du sol (SBI): $SBI = 0.4328 (Green) + 0.6490 (Red) + 0.4607 (NIR)$;
- Indice de végétation ajusté au sol (SAVI): $SAVI = ((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) \times (1 + L)$;
- Indice visible de résistance atmosphérique (VARI): $VARI = (Green - Red) / (Green + Red - Blue)$;
- Indice d'eau de différence normalisée modifiée (MNDWI): $MNDWI = (Green - SWIR) / (Green + SWIR)$;
- Indice de Brillance (IB): $IB = A = \sqrt{NIR^2 + Red^2}$;
- Indice d'humidité de différence normalisée (NBRI): $NBRI = (NIR - SWIR1) / (NIR + SWIR1)$

3.2.2.1.3 PRODUITS DERIVES DU MNT

La distribution des unités d'occupation du sol est fortement influencée par la topographie. Le relief est aussi un facteur important puisque certaines cultures sont disposées en fonction de l'altitude. Afin de prendre en compte le relief, nous avons ainsi utilisé le MNT du satellite PolarisPro de 12.5m de résolution spatiale rééchantillonnée à 10m, ainsi que les pentes dérivées de ce MNT.

La figure 4 présente les images issues des différentes opérations de calcul d'indices et transformation d'images ayant servi à l'identification des classes d'entité d'occupation du sol du District d'Abidjan.

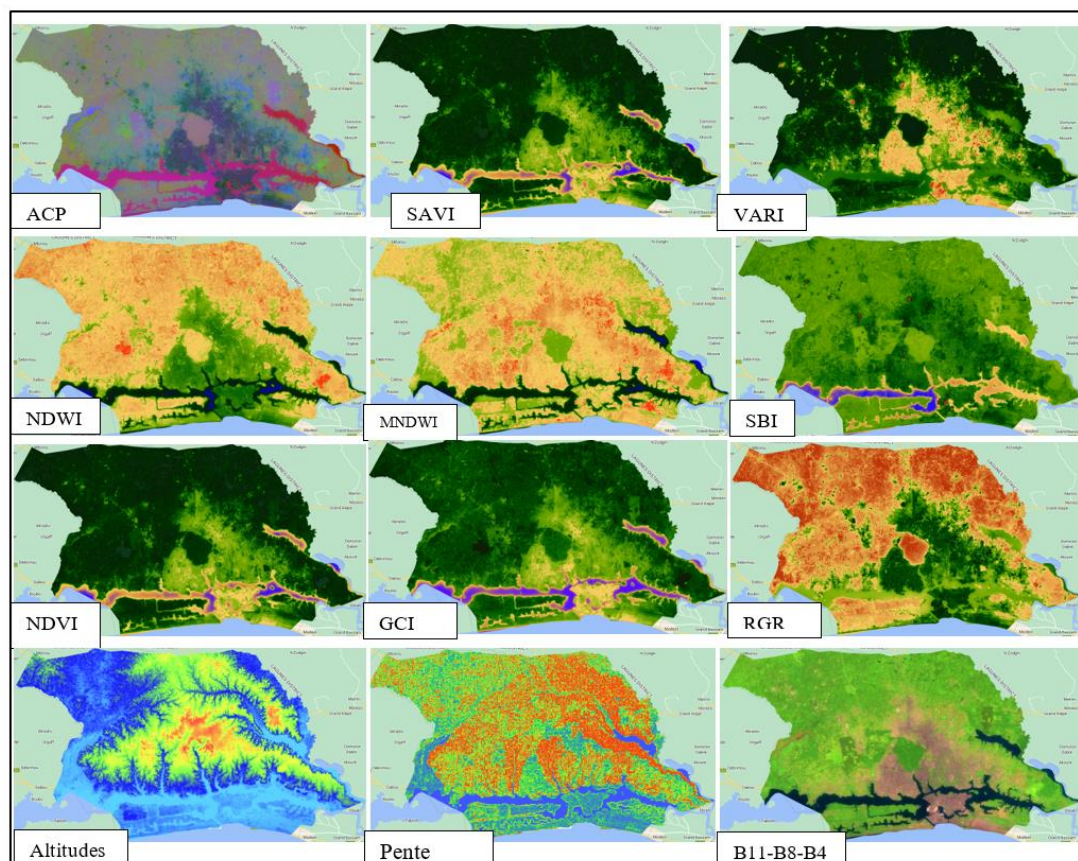


Fig. 4. *Aperçu des paramètres d'entrées du classifieur, générés à partir des images multispectrales Sentinel-2 A depuis GEE, caractérisant l'état de surface du District d'Abidjan*

3.2.2.2 NORMALISATION DES BANDES

Pour l'apprentissage automatique, il est recommandé de normaliser ou de standardiser les caractéristiques des bandes. Ce principe consiste à mettre à l'échelle les caractéristiques dans la même tranche de valeur. La normalisation des bandes fait référence à un processus visant à harmoniser les valeurs des différentes bandes d'une image, généralement dans le domaine

de la télédétection ou de l'imagerie satellitaire. L'objectif est de réduire les variations de luminosité et de contraste entre les bandes, afin de faciliter l'analyse et l'extraction d'informations. Cela permet d'obtenir une représentation plus cohérente et équilibrée des informations contenues dans chaque bande, facilitant ainsi les analyses ultérieures telles que la classification, la détection des changements, ou l'extraction de caractéristiques.

Une fonction de normalisation qui consiste à diviser toutes les bandes par la valeur de la bande max a été implémentée dans GEE, et appliquée à l'image composite grâce à la syntaxe:

normalized = image.subtract (mins).divide (maxs.subtract (mins)).

3.2.3 DISCRIMINATION, VERIFICATION TERRAIN ET NOMENCLATURE DES CLASSES D'OCCUPATION DU SOL

La composition colorée (MIR1-PIR-MIR2) retenue, associée aux indices, aux photos de terrain et aux prises de vue aérienne de 2020, qui ont fait l'objet d'une observation directe, nous ont permis de catégoriser et nommer les différentes classes d'occupation du sol dans District d'Abidjan.

En superposant, dans l'interface de QGIS Desktop, les différentes couches MSI (11,8,12) et les prises de vues aériennes de très haute résolution, 296 points de control ont été collectés manuellement au total et étiquetés par interprétation visuelle. L'identité de ces différents points sera ensuite justifiée par une connaissance approfondie de la zone et les vérités terrains (enquêtes in situ).

La collecte des données de terrain pour la validation s'est faite du 26 février au 02 Mars 2022 et a porté sur 4 sites principaux présentant des échantillons représentatifs de l'ensemble de la zone d'étude (Figure 5).

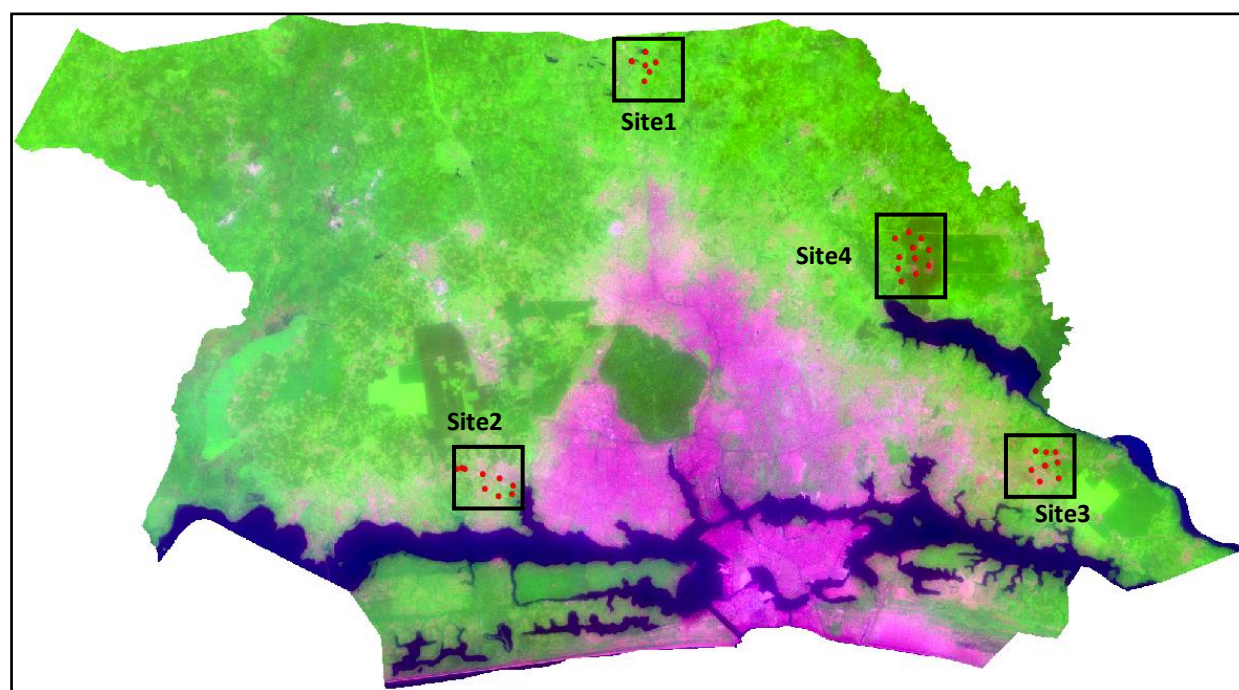


Fig. 5. Sites d'échantillonnage pour les points de contrôle (vérité terrain)

La visite a consisté à:

- localiser et identifier les points à vérifier (unités d'occupation du sol) à l'aide d'une application de collecte de données mobiles développées à partir de kobotoolbox;
- faire une description de l'unité d'occupation du sol (catégorie, type) visité, conformément aux questionnaires du formulaire;
- densifier les échantillons par la collecte de nouveaux échantillons;
- relever de façon automatique la position géographique, et la description exacte de l'unité d'occupation du sol vérifié, pour mieux consolider la validation

La nomenclature des unités d'occupation du sol du district d'Abidjan s'est appuyée sur la base de données du projet national de surveillance spatiale des terres (SST) en Côte d'Ivoire, définie parfaitement compatible au Land Cover Classification System

(LCCS) et conforme au GIEC. Le LCCS est un système de classification des couvertures terrestres utilisé pour catégoriser et cartographier les différents types de couverture des terres, tels que les forêts, les zones urbaines, les terres agricoles et les zones humides. Neuf (09) classes d'occupation du sol parfaitement différenciables ont été retenues pour la cartographie des unités d'occupation du sol du District d'Abidjan. Il s'agit (1) des Forêt; (2) des Forêts marécageuses; (3) des Plantations forestières; (4) des Formations arbustives; (5) des Hévées; (6) des Palmiers; (7) des Aménagements agricoles et autres cultures; (8) des Cours d'eau; et (9) des Habitats/Sols nus (Tableau 2).

Tableau 2. Nomenclature des classes d'occupation du sol dans le District d'Abidjan, conformément projet national de surveillance spatiale des terres (SST)

Catégorie	Classe	Description
Forêt	Forêt dense	Formation naturelle de type primaire, peuplement fermé avec des arbres et des arbustes atteignant différentes hauteurs entre 5 et 50 m
	Forêt marécageuse	Formations forestières (couverture supérieure à 30 %) établies sur des sols hydromorphes à proximité de cours d'eau
	Plantation forestière	Parcelles boisées ou régénération environnementale; hauteur des arbres supérieure à 5 m et taux de couverture supérieure à 30 %.
	Formation arbustive	Formation végétale constituée d'arbustes, de moins de 5 m de haut
Cultures	Hévéa	Plantations d'hévéas de 30 m de haut; à feuilles caduques
	Palmier	Plantations d'espèces de palmiers: famille des cocotiers de 5 à 25 m de haut, surmontées d'une large couronne de conifères.
	Aménagements agricoles et autres cultures	Superficies des autres terres avec des cultures indifférenciées et des vergers divers, y compris les cultures de plaine et les jeunes jachères âgées de 3 à 7 ans.
Eau	Cours/Plan d'eau	Plan d'eau et cours d'eau: Groupes de zones de dépression contenant de l'eau sous la forme d'un réservoir et d'un flux d'eau interconnecté (lagune, réservoir) et Réseau hydrographique linéaire interconnecté, se dirigeant vers un plan d'eau
Urbain	Habitats/sols nus	Zones résultant des activités humaines, autres qu'agricoles, pour l'urbanisation et les constructions diverses. Terrains dépourvus de couverture végétale naturelle (herbacée, arbustive, boisée), ne constituant pas une zone cultivée.

Une mission de validation terrain nous a permis d'attribuer à chaque unité d'occupation du sol ayant une tâche homogène au sol de 10m (résolution spatiale de l'image sentinel2), sa réflectance spectrale sur l'image.

La superposition de l'image sentinel2 prétraitée, aux prises de vues aériennes et aux photos de terrain, nous a permis de différencier et de valider les classes d'OCS illustrées à la figure 6.



Fig. 6. Identification et Nomenclature des classes d'occupation du sol dans le District d'Abidjan

3.2.4 CODIFICATION ET REPARTITION DES POINTS D'ENTRAINEMENT ET DE VALIDATION

Pour améliorer la qualité des résultats de la classification finale, le choix des points d'entraînement et de validation est l'une des étapes les plus délicates de tout le processus [20]. La méthode de classification utilisée est basée sur les pixels; par conséquent, les points de contrôle (entraînement et validation) représentent les classes auxquelles ils appartiennent, évitant ainsi les problèmes de pixels mélangés. Le nombre total d'échantillons implique la précision attendue et l'incertitude de l'estimation. En raison de la possibilité de biais dans nos données d'échantillon, le nombre de points d'échantillonnage a été constamment ajusté, afin de réduire autant que possible les erreurs de classification.

Afin d'implémenter nos points de contrôle dans l'environnement GEE, nous avons procédé ensuite à une codification des étiquettes des différentes classes à 2 caractères (Tableau 3).

Tableau 3. Échantillon de données sélectionné dans cette étude

Occupation du sol	Codification	Échantillons
Forêt	Fo	17
Forêt marécageuse	FM	29
Plantation forestière	PF	40
Formation arbustive	FA	29
Hévéa	He	49
Palmier	Pa	35
Aménagements agricoles et autres cultures	AG	45
Eau	Ea	23
Urbain	Ur	29

Les pseudocodes sont créés en attribuant un code de type numérique à la classe correspondante qui prend la valeur texte.

Avec les algorithmes d'apprentissage, les 296 échantillons collectés sont divisés en ensemble de données d'entraînement et en ensemble de données de validation. Cela facilite l'utilisation des données d'échantillon aussi efficacement que possible en l'absence de données de validation indépendantes.

Afin de diviser les données en deux ensembles, la fonction `randomColumn` de GEE a été utilisée pour générer un nombre aléatoire dans tous les points d'échantillonnage, les valeurs aléatoires étant comprises entre (0~1). Par conséquent, toutes les données de l'échantillon génèrent une valeur aléatoire supplémentaire:

- 70% des échantillons sont retenus comme l'ensemble d'entraînement grâce à la commande `ee.Filter.lt ('random', 0.7)`
- et le reste de valeurs des échantillons 30% sont pris comme l'ensemble de validation grâce à la commande `ee.Filter.gte ('random', 0.7)`

Enfin, l'ensemble d'entraînement a été utilisé pour l'entraînement, et l'ensemble de validation a été utilisé pour valider la performance des différents algorithmes.

3.2.5 CLASSIFICATION DES UNITES D'OCCUPATION DU SOL PAR LES ALGORITHMES MACHINE LEARNING

L'étape de classification proprement dite consiste à exécuter le scripts Java de classification des données d'entrée par les algorithmes de ML dans l'éditeur de code de GEE et la validation de la classification. Le code java développé est organisé selon une hiérarchie à respecter:

- le jeu de données à utiliser générer précédemment à l'étape du choix de la meilleure image d'entrée. L'image composite (PC1, PC2, PC3, B2, B3, B4, B8, B11, B12, NDVI, NDWI, MNDWI, VARI, SBI, SAVI, GCI, RGR, Pente) est implémentée dans le script comme données d'entrée classifieur;
- la collection de caractéristiques contenant toutes les données d'entraînement étiquetées avec des codes correspondant aux classes d'occupation du sol. Les points de contrôle d'entraînement et de validation sont ensuite introduits dans le script. Pour la formation du modèle, des échantillons au format «.shp » ont été créés pour les 9 classes. Les 70% de ces échantillons ont été utilisés pour entraîner les classifieurs et 30% ont servi pour la validation. Lors du processus d'entraînement, la colonne contenant les codes numériques sont indiqués à l'algorithme comme les classes référentielles d'arbres aléatoires;
- le paramétrage des différents algorithmes de classification;
- la légende implémentée avec les codes couleurs propre à chaque classe, pour une meilleure visualisation des résultats;
- l'application de la légende du LCCS permet à tous ceux qui veulent utiliser la carte de comprendre les éléments de la légende et leurs définitions en consultant le guide LCCS [21]. Google Earth engine a permis d'implémenter la légende de toutes les classes à cartographier. Les critères de sémiologie sont définis de telle sorte que toutes les classes soient clairement visible et interprétable
- les statistiques et graphes pour l'évaluation quantitative et qualitative des différentes classifications ont été générées: matrice de confusion, PG, Kappa, PU, PP, superficie,
- le modèle est ensuite sauvegardé pour la deuxième phase du processus de l'algorithme

Après avoir exécuté le script de classification, l'image est rapidement classifiée par une définition préliminaire des différents classificateurs (RF, SVM, CART, MD, NB). Un processus de validation est ensuite appliqué aux différentes cartes obtenues.

3.2.6 CHOIX DE LA MEILLEURE CLASSIFICATION

Le choix de la meilleure classification s'est fait en comparant les valeurs des paramètres d'estimation de la précision obtenues pour chaque classification et par l'analyse de la séparabilité des classes.

3.2.6.1 ÉVALUATION DE LA CLASSIFICATION

Différentes métriques nous ont permis de mieux juger de la qualité de nos prédictions de classification: Matrice de confusion, Précision globale, Précision du producteur, Précision du consommateur (fiabilité) et le Coefficient de Kappa).

- **Matrice de confusion**

La matrice de confusion de la classification offre une mesure quantitative de la qualité de l'échantillonnage et la séparabilité des classes. Cette évaluation de la qualité du résultat est utile pour comprendre l'origine des confusions et ajuster les efforts de photo-interprétation.

Pour chaque algorithme de classification effectué, la matrice de confusion a été réalisée depuis GEE grâce à l'algorithme `ee.Classifier.confusionMatrix()`.

- **Précision du producteur (PP)**

La Précision du producteur (producer's accuracy) est la probabilité pour un pixel de la classe C_k sur le terrain d'être bien classé en C_k sur la carte, dans quelle mesure la classification a prédit chaque classe. La fonction `confusionMatrix().producersAccuracy()`, nous a permis de déterminer la PP des différentes classifications;

- **Précision de l'utilisateur (PU)**

Précision de l'utilisateur (user's accuracy) est la probabilité pour un pixel classé en C_k sur la carte d'appartenir à C_k sur le terrain. L'algorithme `confusionMatrix().consumersAccuracy()`, nous a permis de déterminer la PU des différentes classifications;

- **Précision globale (PG)**

La PG est le pourcentage total de classification, donné par le rapport entre le nombre d'unités correctement classées et leur nombre total [22]. La PG a été générée automatiquement depuis GEE grâce à l'algorithme `confusionMatrix().accuracy()`;

- **Coefficient Kappa**

Le coefficient kappa, permet d'évaluer globalement:

- la fiabilité des résultats de la classification par rapport aux données de référence;
- et la performance de la classification par rapport à l'assignation aléatoire

L'algorithme `confusionMatrix().kappa()`, nous a permis de déterminer le coefficient Kappa des différentes classifications;

3.2.6.2 SEPARABILITE DES ALGORITHMES

La séparabilité des classes se caractérise soit par des confusions ou des différenciations des éléments de classes différentes. Afin de montrer plus spécifiquement les différences de classification des algorithmes SVM, RF, CART, MD et NB, dans différentes régions et classes, trois sous-régions de 5×5 km (a, b, et c) ont été sélectionnées au hasard à partir des résultats de classification des trois meilleurs algorithmes afin d'examiner les erreurs de classification des pixels des différentes unités d'occupation du sol obtenus.

Parallèlement, afin de valider l'exactitude des cinq algorithmes dans l'identification des pixels, les classes d'occupation du sol obtenues sont comparées aux fonds de cartes libres de très haute résolution (Google Map).

Grâce à l'analyse visuelle des erreurs de classification des trois sous-régions différentes, nous pourrions déterminer quel algorithme distingue au mieux les pixels des différentes classes.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 RESULTATS

4.1.1 PRETRAITEMENT DE L'IMAGE COMPOSITE

La Figure 7 présente le résultat du prétraitement de l'image composite Sentinel-2A, pour la classification de l'OCS à partir de GEE. Les intervalles de valeurs des bandes résultantes normalisés sont dans la même frange et la résolution de toutes les bandes est de 10m.

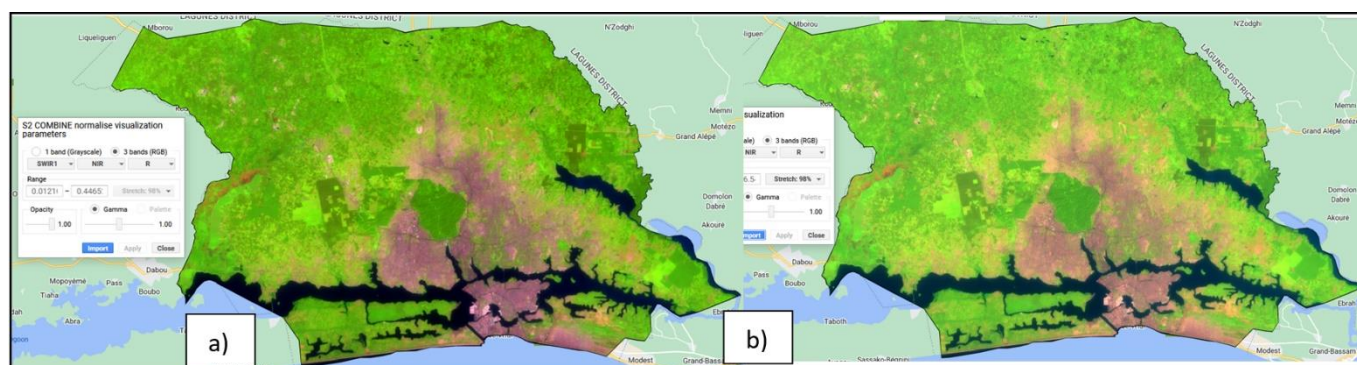


Fig. 7. Visualisation sur GEE du composite normalisé Mosaic Sentinel-2A (a) et le composite Mosaic Sentinel-2A (b) en composition colorée fausse couleur (SWIR1, NIR, R)

4.2 IMPORTANCE DES BANDES

La Figure 8 présente l'apport de chaque bande dans la classification supervisée des unités d'occupation du sol par les algorithmes de Machine Learning (Exemple du RF).

Cette figure met en évidence l'apport de chaque indice dans la cartographie des unités d'occupation du sol par les AML, en particulier les bandes du multispectral, les produits dérivés du MNT et les indices spectraux: B + G + R + NIR + SWIR1 + SWIR2 + NDVI + NDWI + SBI + SAVI, VARI + GCI + RGR + ACP1 + ACP2 + ACP3 + pente + relief.

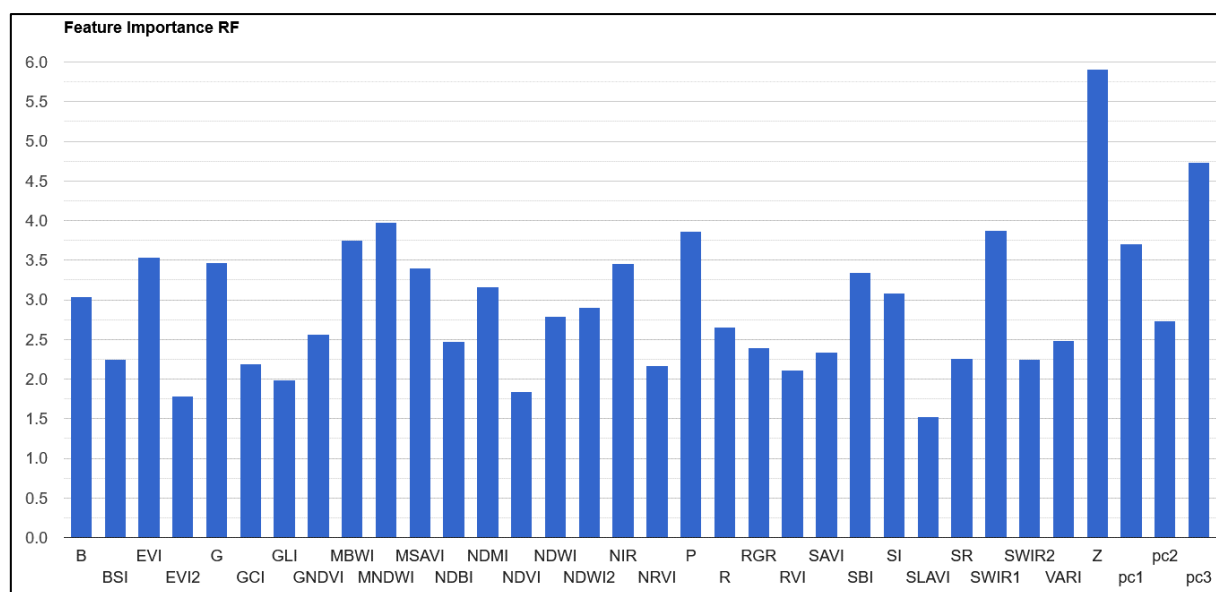


Fig. 8. Importance des bandes dans la classification par l'AML SVM depuis GEE

4.2.1 CLASSIFICATION SUPERVISEE DE L'OCCUPATION DU SOL DU DISTRICT D'ABIDJAN PAR LES AML SVM RF, CART, MD ET NB

Les résultats cartographiques montrent que neuf (09) classes d'unités d'occupation du sol, Forêt (F), Plantations Forestières ou reboisement (PF), Forêt Marécageuse (FM), Bananeraie (B), Hévéa (H), Palmier à huile (PH), Aménagements Agricoles et autres cultures (AA), Eau (E), et Milieu Urbain (MU) sont représentées dans des proportions différentes dans le District d'Abidjan en fonction de l'algorithme choisie (Figure 9).

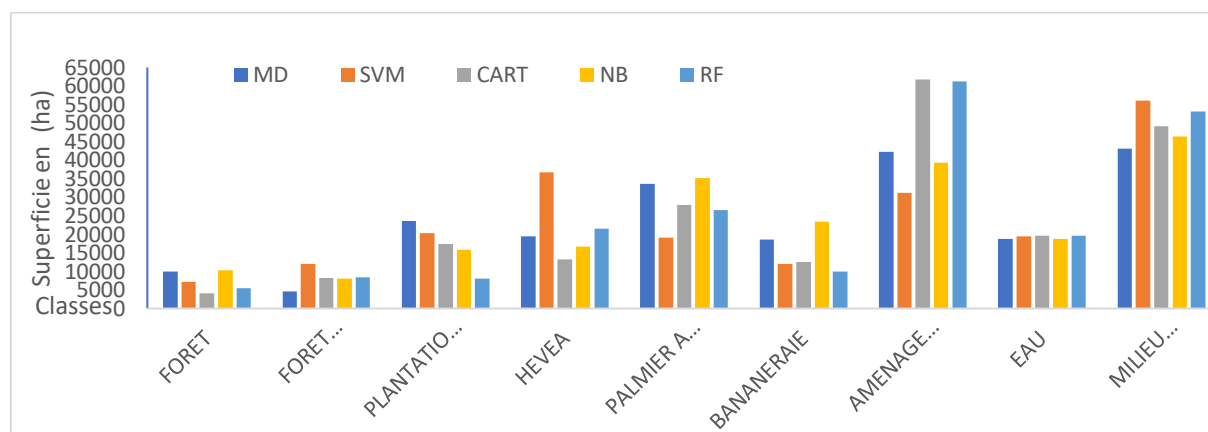


Fig. 9. Répartition des superficies de classe d'occupation du sol en 2020 dans le District d'Abidjan en fonction des algorithmes SVM, RF, CART, MD et NB

L'analyse visuelle des cartes produites à partir des images Sentinel-2 et de la classification par les algorithmes de machine learning RF, CART, SVM, MD et NB nous renseigne sur la répartition spatiale des catégories d'occupation du sol dans le District d'Abidjan en 2020.

Les cartes ci-après (Figure 10), illustrent les résultats issus de la classification supervisée par les algorithmes SVM, RF, CART, MD et NB des images Sentinel 2A en 2020, dans le District d'Abidjan.

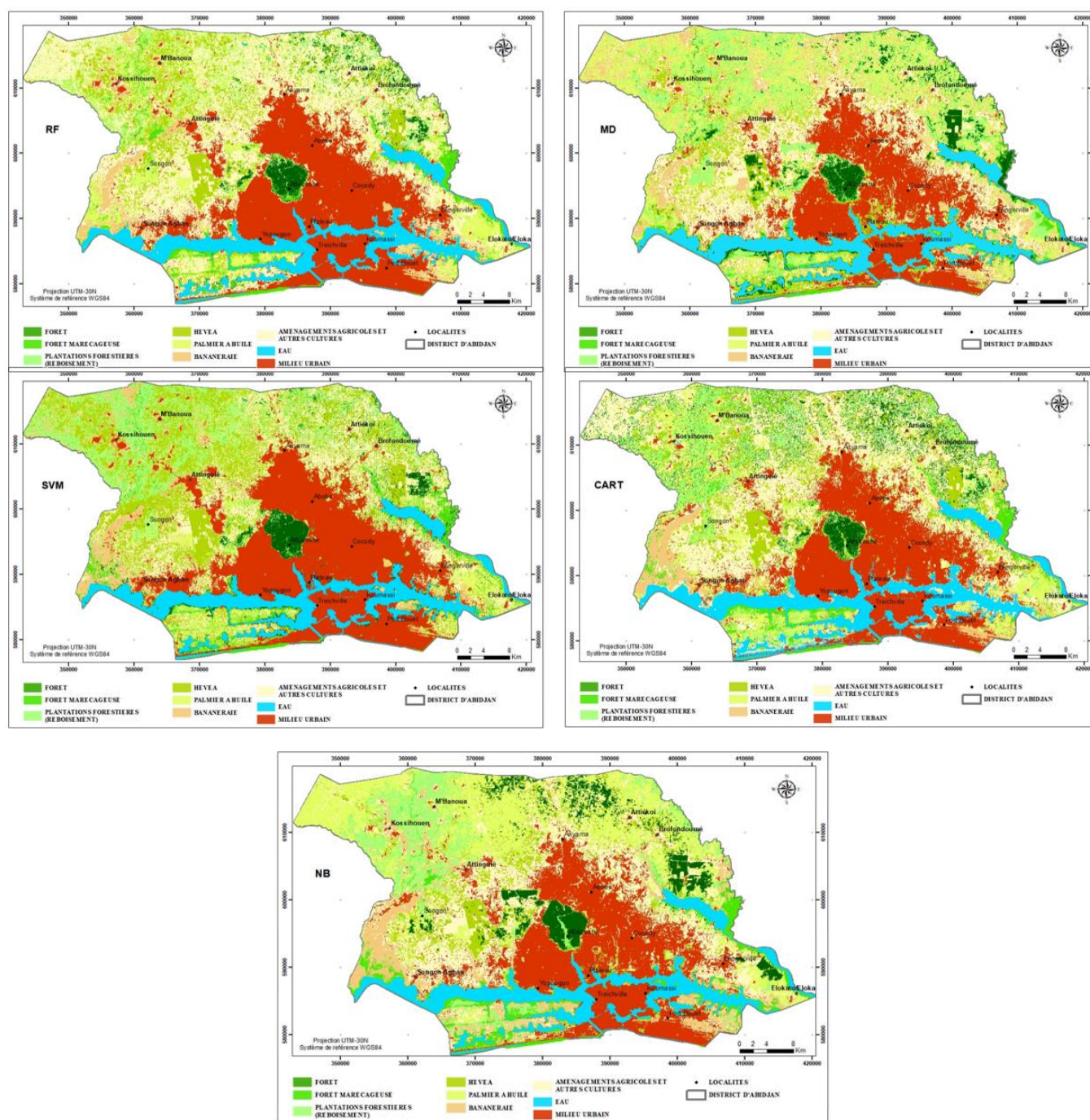


Fig. 10. Carte d'occupation du sol du District d'Abidjan de 2020, par les algorithmes de Machine Learning SVM, CART, RF MD

Les Aménagements Agricoles et autres cultures sont dominantes dans le District d'Abidjan en exploitant les AML RF et CART avec des proportions respectivement égales 28.6% et 28.8%. Quant aux Milieu Urbain (MU), elles dominent dans la zone d'étude en exploitant les algorithmes MD, SVM et NB avec des proportions respectivement égales 20.1%, 26.2%, 21.7%. Ses proportions avoisinent les proportions de la classe Milieu Urbain obtenues par les AML RF et CART respectivement égales à 24.8 % et 23.0% (Tableau 4).

Tableau 4. Statistiques des classes d'occupation du sol du District d'Abidjan en 2020, obtenus par les AML CART, RF, SVM, MD et NB

Classe	Superficie en ha					Proportion en %				
	MD	SVM	CART	NB	RF	MD	SVM	CART	NB	RF
FORET	9927.4	7213.4	4018.3	10228.9	5400.1	4.6	3.4	1.9	4.8	2.5
FORET MARECAGEUSE	4538.1	11958.8	8156.2	8039.7	8464.2	2.1	5.6	3.8	3.8	4.0
PLANTATIONS FORESTIERES	23614.7	20305.2	17412.0	15869.1	8130.5	11.0	9.5	8.1	7.4	3.8
HEVEA	19379.9	36708.1	13278.5	16776.3	21487.4	9.1	17.2	6.2	7.8	10.0
PALMIER À HUILE	33630.1	19045.3	27939.9	35102.9	26510.3	15.7	8.9	13.1	16.4	12.4
BANANERAIE	18609.4	12007.7	12620.0	23439.3	9947.6	8.7	5.6	5.9	11.0	4.7
AMENAGEMENTAGRICILES	42288.5	31136.4	61670.2	39228.1	61207.2	19.8	14.6	28.8	18.3	28.6
EAU	18844.7	19385.3	19570.2	18718.7	19672.7	8.8	9.1	9.2	8.8	9.2
MILIEU URBAIN	43021.3	56093.9	49188.9	46451.1	53034.1	20.1	26.2	23.0	21.7	24.8
TOTAL	213854	213854	213854	213854	213854	100	100	100	100	100

• AML RF

Les estimations obtenues à partir de l'algorithme RF indiquent que le District d'Abidjan est dominé par la la classe Aménagement agricole qui représente 28.6% (61207.2 ha) de sa superficie totale. Il renferme 2.5% (5400.1ha) de Forêt, 3.8% (8130.5 ha) de Plantations Forestières ou reboisement; 4% (8464.2 ha) de Forêt Marécageuse, 4.7% (9947.6 ha) de Bananeraie, 10% (21487.4 ha) d'Hévéa, 12.4% (26510.3 ha) de Palmier à huile, 9.2% (19672.7 ha) d'Eau; et 24.8 (53034.1 ha) de Milieu Urbain.

• AML CART

Les estimations obtenues à partir de l'algorithme CART indiquent que District d'Abidjan renferme plus de 28.8% soit 61670.2 ha d'Aménagement agricole. 1.9% (4018.3 ha) de Forêt, 3.8% (17412.0 ha) de Plantations Forestières ou reboisement; 4.0% (8156.2 ha) de Forêt Marécageuse, 5.9% (12620.0 ha) de Bananeraie, 6.2% (13278.5 ha) d'Hévéa, 13.1% (27939.9 ha) de Palmier à huile, 9.2% (19570.2 ha) d'Eau; et 23.0 (49188.9ha) de Milieu Urbain. La classe dominante est la classe Aménagement agricole.

• AML SVM

Les estimations obtenues à partir de l'algorithme SVM indiquent que District d'Abidjan est dominé par le Milieu Urbain soit 26.2% (56093.9 ha) de sa superficie totale. On observe également 3.4% (7213.4ha) de Forêt, 9.5% (20305.2 ha) de Plantations Forestières ou reboisement; 5.6% (11958.8 ha) de Forêt Marécageuse, 5.6% (12007.7ha) de Bananeraie, 17.2% (36708.1ha) d'Hévéa, 8.9% (19045.3 ha) de Palmier à huile, 9.1% (19385.3 ha) d'Eau; et 14.6% (31136.4 ha) d'Aménagement agricole.

• AML MD

Comme pour l'AML SVM, les estimations obtenues à partir de l'algorithme MD indiquent que District d'Abidjan est dominé par le Milieu Urbain soit 20.1% (56093.9 ha) de sa superficie totale. Il de renferme 4.6% (9927.4 ha) de Forêt, 11% (23614.7ha) de Plantations Forestières ou reboisement; 2.1% (4538.1 ha) de Forêt Marécageuse, 8.7% (18609.4 ha) de Bananeraie, 9.1% (19379.9 ha) d'Hévéa, 15.7% (33630.1 ha) de Palmier à huile, 8.8% (18844.7 ha) d'Eau; et 19.8% (42288.5 ha) d'Aménagement agricole.

• AML NB

Les estimations obtenues à partir de l'algorithme NB indiquent que District d'Abidjan renferme plus de 18.3% soit 39228.1 ha d'Aménagement agricole. 4.8% (10228.9 ha) de Forêt, 7.4% (15869.1 ha) de Plantations Forestières ou reboisement; 3.8% (8039.7ha) de Forêt Marécageuse, 11% (23439.3 ha) de Bananeraie, 7.8% (16776.3 ha) d'Hévéa, 16.4% (35102.9 ha) de Palmier à huile, 8.8% (18718.7 ha) d'Eau; et 21.7 (46451.1 ha) de Milieu Urbain qui est la classe dominante.

4.2.2 CHOIX DE LA MEILLEURE CLASSIFICATION

Le choix de la meilleure classification s'est fait en comparant les valeurs des paramètres d'estimation de la précision obtenues pour chaque classification et par l'analyse de la séparabilité des classes.

4.2.2.1 VALIDATION DES CLASSIFICATIONS

Les résultats de la classification ont été soumis à une évaluation par l'analyse de la précision du producteur, la précision de l'utilisateur, la précision globale, le coefficient Kappa et la séparabilité des classes.

• Précision du producteur et de l'utilisateur

Les résultats de la classification ont été soumis à une évaluation de la précision après classification. La précision de l'utilisateur et du producteur de la classification par les algorithmes SVM, RF, CART, MD et NB ont été générées (Tableau 5).

Tableau 5. *Évaluation de la précision de classification des unités d'occupation du sol de 2020 par les algorithmes de machine learning SVM RF, CART, MD et NB*

Classes	MD		NB		RF		SVM		CART	
	PP	PU	PP	PU	PP	PU	PP	PU	PP	PU
F	89%	44%	78%	50%	70%	78%	100%	80%	83%	63%
PF	20%	9%	20%	11%	63%	100%	88%	88%	71%	63%
FM	30%	100%	20%	40%	78%	64%	64%	88%	86%	100%
B	79%	69%	36%	71%	78%	90%	83%	83%	87%	100%
H	30%	100%	50%	83%	63%	83%	86%	75%	83%	63%
PH	14%	17%	50%	28%	86%	63%	100%	92%	50%	50%
AA	38%	27%	38%	33%	71%	71%	67%	71%	45%	63%
E	100%	100%	92%	100%	100%	100%	93%	100%	100%	100%
MU	90%	96%	90%	100%	100%	94%	97%	95%	97%	92%

Un examen attentif du tableau XXII a révélé quelques confusions entre certaines classes:

- Les classes Eau et Milieu urbain, sont parfaitement classifiées avec l'utilisation des 5 algorithmes SVM, RF, CART, MD et NB (Précision >81%);
- Les classes correspondant à la végétation sont mieux classifiées par les classifieurs SVM, RF et CART. Par contre, il existe des confusions entre les classes de végétation pour les algorithmes MD et NB. On observe des erreurs d'omission les plus élevées allant respectivement de 31% à 91% et 50% à 72% pour MD et MB, soit une précision de l'utilisateur qui va de 69% à 9% et 50% à 28%. Également des erreurs de commission les plus élevées allant respectivement de 86% à 62% et 50% à 89% pour MD et MB, soit une précision du producteur qui va de 14% à 38% et 50% à 11%

Malgré une différence légère entre la précision du producteur et de l'utilisateur (Figure 11), les pixels ont été bien classifiés pour chacune des classes définies par les algorithmes CART, SVM et RF (valeur >60%), et moyennement précises pour les algorithmes MD et NB.

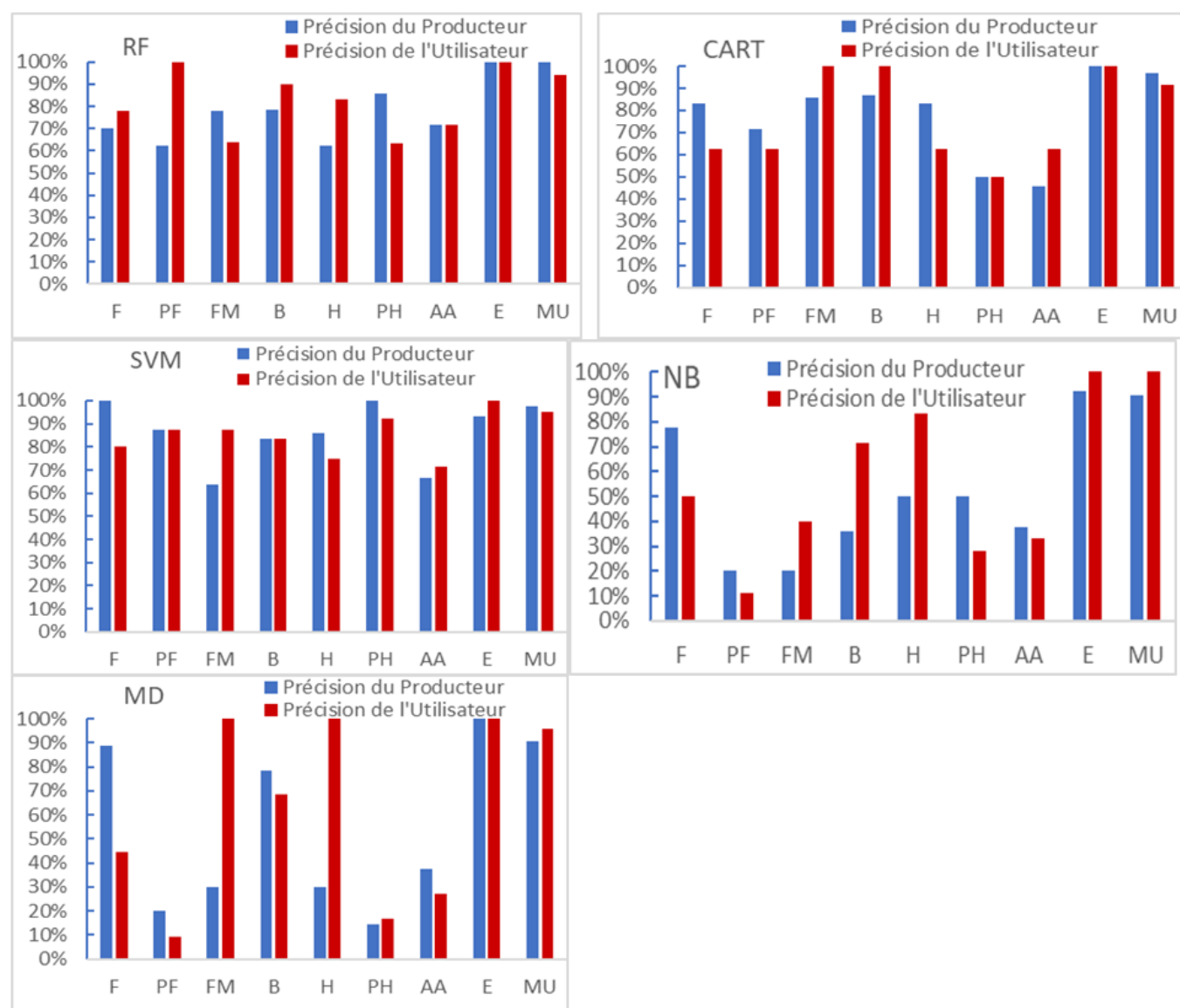


Fig. 11. Précision des producteurs vs Précision de l'utilisateur de la classification supervisée des unités d'occupation du sol du District d'Abidjan de 2020 à partir des images Sentinel 2A par les algorithmes de machine Learning SVM RF CART MD et NB

• Précision globale et Kappa

Le Tableau 6 présente la précision globale de la classification par les algorithmes de machine Learning RF, CART, SVM, MD, NB, qui correspond au total de pixels bien classifiés par rapport au total de pixels dans la matrice d'erreur.

Tableau 6. Évaluation de la précision de classification des différents algorithmes par la Précision globale et le coefficient Kappa

Algorithme	Kappa	Précision globale %
RF	0.94	95.54
SVM	0.91	94.10
CART	0.88	86.25
MD	0.68	72.60
NB	0.66	71.00

4.2.2.2 SEPARABILITE DES ALGORITHMES

La superposition des cartes d'occupation du sol obtenues à partir des 3 meilleurs algorithmes SVM, CART, et RF avec d'autres sources externes de spatio-carte de haute résolution reflétant la réalité terrain nous a permis de mieux apprécier nos résultats de classification (Figure 12).

On observe une meilleure concordance d'informations avec les résultats du classifieur RF.

La carte d'occupation du sol qui reflète le mieux la réalité terrain est la carte d'occupation qui résulte de la classification à partir de l'AML RF.

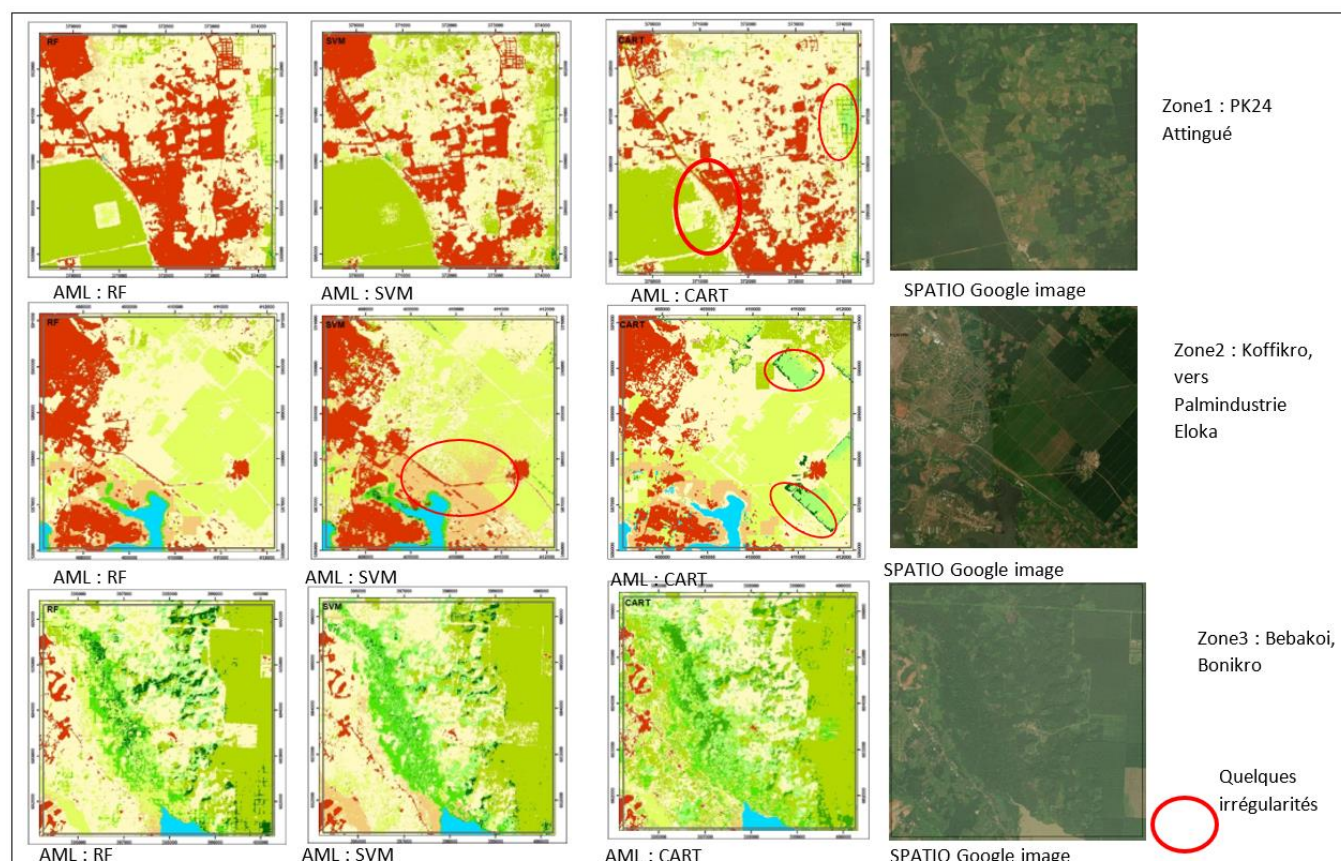


Fig. 12. Séparabilité des classes d'OCS obtenues à partir des algorithmes de AML SVM, RF, CART et Spatio-images

4.3 DISCUSSION

Les images générées par le capteur MSI de Sentinel-2, à différents niveaux de traitement, ont prouvé leur efficacité dans plusieurs études de classification supervisée de l'occupation du sol [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35].

La méthode la plus adaptée pour classifier les unités d'occupation du sol de la zone d'étude consiste à utiliser une classification supervisée basée sur des zones d'entraînement déterminées par la photo-interprétation et une mission de terrain, car cela permet une proximité avec le terrain et la possibilité de travailler avec des personnes ayant une grande connaissance de la zone étudiée [24], [36], [37], [38], [39], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46].

Bien que l'ensemble des classes reprenne la quasi-totalité des types d'occupation du sol de la zone, nous avons choisi délibérément de limiter le nombre de classes à neuf (09) selon leur proximité spectrale, une approche qui a été prouvée efficace par plusieurs auteurs, afin d'éviter une complexité excessive de la carte [28], [34], [36], [41], [44].

Au niveau de la méthodologie utilisée pour classifier les unités d'occupation du sol dans le District d'Abidjan, le choix s'est porté sur l'utilisation des algorithmes de machine learning et du cloud computing grâce à la technologie de Google Earth Engine. Cela permet de réaliser des traitements à petite et grande échelle d'étude, tout en économisant du temps et de l'espace de stockage. Les différentes étapes de la méthodologie incluent l'acquisition des mosaïques de données, le prétraitement des

données, l'entraînement du modèle, le post-traitement des classifications et l'export sous différents formats (shapefile, raster ou web). En utilisant les algorithmes de machine learning couplés à la plateforme de cloud computing Google Earth, [15] ont pu caractériser les changements de la couverture terrestre et de la dynamique forestière au Togo sur une période allant de 1985 à 2020, en se basant sur des images Landsat. De même, à grande échelle, [47] ont réussi à classer avec précision cinq grands types de cultures mondiales et à définir leurs stades de croissance en utilisant les bandes étroites hyperspectrales optimales de Earth Observing-1 Hyperion sur la plateforme Google Earth Engine. Ces exemples démontrent la pertinence de cette technique dans le processus de cartographie des unités d'occupation du sol en milieu urbain, notamment dans le District d'Abidjan qui présente un environnement complexe et hétérogène.

L'ajout des indices spectraux à l'image composite constituée des bandes multispectrales de Sentinel-2 en tant que données d'entrée a considérablement réduit les erreurs de prédiction et amélioré les performances du modèle de Machine Learning. En se limitant à l'utilisation des bandes du multispectral rééchantillonnées à 10m, la précision globale atteignait 84,85%. Toutefois, l'ajout des indices spectraux et l'analyse en composantes principales (ACP) a permis une légère amélioration de la précision, la faisant passer à 93,2%. Enfin, en incluant également la pente, la précision a encore augmenté pour atteindre 94,30%. Cette approche a permis de conclure que l'utilisation du MNT est approprié pour discriminer les classes de végétation des autres classes d'occupation du sol ayant des caractéristiques spectrales similaires dans une classification. [48] ont utilisé une approche similaire en utilisant une image composite constituée des indices NDVI, NDBI, NDWI ainsi que l'ACP pour mieux cartographier les unités d'occupation du sol à partir d'images Sentinel-2 sur le site Ramsar d'Azagny dans le sud de la Côte d'Ivoire. Cette méthode a également été employée par [49] pour cartographier le couvert végétal dans une zone de contact entre forêt et savane dans le département de Toumodi, en utilisant les images Sentinel-2 ainsi que les indices de brillance (IB), d'humidité (NDWI) et le NDVI. Cependant, l'utilisation du modèle numérique de terrain (MNT) pour différencier les unités d'occupation du sol qui ont des signatures spectrales proches s'est avérée pertinente [50].

La précision cartographique globale de 95,54% et l'indice de Kappa de 0,94 obtenus grâce à l'algorithme RF ont permis de discriminer avec succès les différents types d'occupation du sol lors de la validation. Ces résultats soulignent le potentiel de la combinaison des données Sentinel-2 avec le MNT Alos Palsar pour une cartographie détaillée. En comparant les résultats obtenus dans cette nouvelle étude avec ceux obtenus à partir de l'image LANDSAT-7 ETM+ dans d'autres études [1], qui ont obtenu un indice kappa de 0,81 en 2017, on constate que cette nouvelle étude fournit une cartographie plus détaillée et plus précise.

En examinant la matrice de confusion classe par classe, il ressort que les classes de végétation cultivée en général et la classe "Végétation naturelle en régénération (jachère)", qui ont été fusionnées avec la classe habitat/sol nu, présentent les plus grandes augmentations d'erreurs. Ces erreurs sont attribuées à la difficulté de la photo-interprétation à séparer certains objets. Par exemple, il n'est pas toujours facile de distinguer clairement la limite entre les classes "sol nu et jachère" et "forêt galerie et cours d'eau". De même, les cultures mixtes peuvent poser des difficultés. Cela dénote de la complexité et de la forte hétérogénéité des formations observées sur le territoire ivoirien soulevées par [7], [25], [28], [34], [36], [41], [44], [48], [51]

5 CONCLUSION

Cette étude visait à cartographier les unités d'occupation du sol par l'utilisation de la télédétection à très haute résolution, la technologie Google Earth Engine et les algorithmes de machine learning à l'échelle du District d'Abidjan.

Les images multispectrales optiques Sentinel-2 de 2020 ont été utilisées pour cartographier de manière précise les unités d'occupation du sol dans le District d'Abidjan en utilisant des algorithmes de machine learning, le cloud computing et des bases de données de référence libres.

Dans l'ensemble les classes Eau et Milieu urbain ont été parfaitement classifiées avec l'utilisation des 5 algorithmes SVM, RF, CART, MD et NB (Précision >81%). Les classes correspondant à la végétation ont été mieux classifiées par les classifieurs SVM, RF et CART. Par contre, il existe des confusions entre les classes de végétation pour les algorithmes MD et NB. Les erreurs d'omission les plus élevées ont été obtenues en utilisant les algorithmes MD et MB allant respectivement de 31% à 91% et 50% à 72%, soit une précision de l'utilisateur qui va de 69% à 9% et 50% à 28%. Pareil pour les erreurs de commission les plus élevées allant de 86% à 62% et 50% à 89%, soit une précision du producteur qui va de 14% à 38% et 50% à 11%. Malgré une différence légère entre la précision du producteur et de l'utilisateur, les pixels ont été bien classifiés pour chacune des classes définies par les algorithmes CART, SVM et RF (valeur >60%), et moyennement précises pour les algorithmes MD et NB. La méthode de classification Random Forest a démontré son efficacité en permettant de cartographier neuf (09) catégories d'occupation et d'usage des terres avec une précision globale de 95,54% et un indice kappa de 0,94.

L'analyse de la répartition des classes d'occupation du sol obtenues à partir de l'AML RF, permis de relever que les unités d'occupation du sol sont réparties comme suit dans le District d'Abidjan: 28,07% de milieu urbain, 25,35% d'aménagements agricoles et autres cultures, 12,39% de palmiers à huile, 10,05% d'hévéa, 4,66% de bananeraie, 2,53% de forêts, 3,96% de

forêts marécageuses, 3,80% de plantations forestières (reboisement) et 9,2% d'eau. Ces statistiques indiquent que les aménagements agricoles dominent le milieu rural du District d'Abidjan.

La carte produite par cette étude s'avère être un outil très essentiel et utile à la gestion des catastrophes naturelles. En effet elle constitue une pièce d'entre importance à la modélisation de ces phénomènes

REMERCIEMENTS

Nos remerciements aux institutions qui nous ont aidé dans l'accomplissement du travail présenté:

- Le Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT/UFHB);
- Le Programme GMES de l'union Africain sur la thématique des inondations (MIFMASS),
- Et le Bureau National d'Etude Technique et de Developpement (BNETD/CIGN)

REFERENCES

- [1] G. Adon, J.-B. Kassi, et C. Yoboue, « Dynamics of Land Use in the City of Abidjan from 1986 to 2017: Contribution of Remote Sensing and GIS », *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*, vol. 08, janv. 2018, doi: 10.4172/2161-0525.1000573.
- [2] D. A. ALLA, « Cartographie des zones à risques d'inondation, d'érosion et de mouvement de terrain dans la ville d'Abidjan, PNUD, MESUDD. », 2013.
- [3] D. A. ALLA, « Risques naturels dans l'agglomération d'Abidjan (Côte d'Ivoire) », Thèse de Doctorat d'État ès - Sciences Humaines, Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de l'Homme et de la Société, Institut de Géographie Tropicale, Abidjan, Côte d'Ivoire, 2013.
- [4] N. Aghui et J. Biemi, Géologie et hydrogéologie des nappes de la région d'Abidjan et risques de contamination. Ann. in série C (sciences), 20: Univ Nat. de Côte d'Ivoire, 1984.
- [5] C. Hauhouot, « Analyse du risque pluvial dans les quartiers précaires d'Abidjan. Etude de cas à Attécoubé », *Geo-Eco-Trop*, n° 32, p. 75-82, 2008.
- [6] S. DIALLO *et al.*, « Dynamique de l'occupation du sol du bassin ivoirien de la lagune Aghien », *2019 ISSR Journals*, vol. 26, n° 1, p. 203-217, avr. 2019.
- [7] Y. K. A. Bio *et al.*, « Étude de la dynamique forestière du sud-ouest de la Côte d'Ivoire par télédétection optique (moyenne et haute résolution spatiale) : contribution des images MODIS ET LANDSAT. 2ème Conférence Internationale GEOFORAFRI, Abidjan, 26 – 28 Janvier 2016, Communication orale. », 2016.
- [8] G. M. Foody, « Status of land cover classification accuracy assessment », *Remote Sensing of Environment*, vol. 80, n° 1, p. 185-201, avr. 2002, doi: 10.1016/S0034-4257 (01) 00295-4.
- [9] L. S. Macarringue, É. L. Bolfe, et P. R. M. Pereira, « Developments in Land Use and Land Cover Classification Techniques in Remote Sensing: A Review », *JGIS*, vol. 14, n° 01, p. 1-28, 2022, doi: 10.4236/jgis.2022.141001.
- [10] D. Lu, « The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation », *International Journal of Remote Sensing*, vol. 27, n° 7, p. 1297-1328, avr. 2006, doi: 10.1080/01431160500486732.
- [11] D. Lu, P. Mausel, M. Batistella, et E. Moran, « Land-cover binary change detection methods for use in the moist tropical region of the Amazon: a comparative study », *International Journal of Remote Sensing*, vol. 26, n° 1, p. 101-114, janv. 2005, doi: 10.1080/01431160410001720748.
- [12] Z. Lv, T. Liu, P. Zhang, J. Atli Benediktsson, et Y. Chen, « Land Cover Change Detection Based on Adaptive Contextual Information Using Bi-Temporal Remote Sensing Images », *Remote Sensing*, vol. 10, n° 6, p. 901, juin 2018, doi: 10.3390/rs10060901.
- [13] B. Liu, W. Song, Z. Meng, et X. Liu, « Review of Land Use Change Detection—A Method Combining Machine Learning and Bibliometric Analysis », *Land*, vol. 12, n° 5, p. 1050, mai 2023, doi: 10.3390/land12051050.
- [14] N. Gorelick, M. Hancher, M. Dixon, S. Ilyushchenko, D. Thau, et R. Moore, « Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone », *Remote Sensing of Environment*, vol. 202, p. 18-27, déc. 2017, doi: 10.1016/j.rse.2017.06.031.
- [15] A. Kombate, F. Folega, W. Atakpama, M. Dourma, K. Wala, et K. Goïta, « Characterization of Land-Cover Changes and Forest-Cover Dynamics in Togo between 1985 and 2020 from Landsat Images Using Google Earth Engine », *Land*, vol. 11, n° 11, Art. n° 11, nov. 2022, doi: 10.3390/land11111889.
- [16] N. Sidhu, E. Pebesma, et G. Câmara, « Using Google Earth Engine to detect land cover change: Singapore as a use case », *European Journal of Remote Sensing*, vol. 51, n° 1, p. 486-500, janv. 2018, doi: 10.1080/22797254.2018.1451782.

- [17] B. DeVries, C. Huang, J. Armston, W. Huang, J. Jones, et M. Lang, « Rapid and robust monitoring of flood events using Sentinel-1 and Landsat data on the Google Earth Engine », *Remote Sensing of Environment*, vol. 240, janv. 2020, doi: 10.1016/j.rse.2020.111664.
- [18] M. Eldin, « Le climat de la Côte d'Ivoire. In Le milieu naturel de Côte d'Ivoire, Mémoire ORSTOM (pp. 73-108), Paris ORSTOM. - References - Scientific Research Publishing », 1971. [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1809522](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1809522) (consulté le 25 août 2021).
- [19] MCLAU, « LE PROJET DE DEVELOPPEMENT DU SCHEMA DIRECTEUR D'URBANISME DU GRAND ABIDJAN (SDUGA) », Abidjan, Côte d'Ivoire, SCHEMA DIRECTEUR D'URBANISME DU GRAND ABIDJAN ET AUTRES TRAVAUX DU PROJET VOLUME II, mars 2015.
- [20] L. Ma, L. Cheng, M. Li, Y. Liu, et X. Ma, « Training set size, scale, and features in Geographic Object-Based Image Analysis of very high resolution unmanned aerial vehicle imagery », *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 102, p. 14-27, avr. 2015, doi: 10.1016/j.isprsjprs.2014.12.026.
- [21] L. Jansen et A. Di Gregorio, Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual. 2000.
- [22] R. G. Congalton et K. Green, *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*, Third edition. Boca Raton London New York: CRC Press, 2019.
- [23] V. Thiérion, P. A. Herrault, A. Vincent, J. Inglada, et D. Sheeren, « Utilisation des séries temporelles d'images Sentinel-2 pour la cartographie de l'occupation du sol dans un contexte de modélisation de la biodiversité », présenté à Colloque PAYOTTE 2017, oct. 2017, p. 31 p. Consulté le: 25 février 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://hal.inrae.fr/hal-02738272>.
- [24] K. D. KOUASSI, B. H. Kouadio, D. A. ALLA, et T. V. ASSOMA, « Cartographie de l'occupation du sol par une nouvelle approche de classification orientée objet à partir de l'image sentinel-2a de la commune d'Abobo (Abidjan, Côte d'Ivoire). », *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)*, vol. 7, n° 1, p. 28-38, 2018.
- [25] O. G. K. KOUASSI, F. K. N'GUESSAN, et G. W. KOUKOUNGON, « Analyse cartographique et statistique de l'état de l'occupation du sol dans la sous-préfecture de Bondoukou (nord-est, Côte d'Ivoire) », *Regard sud*, 4 mai 2022. <https://regardsuds.org/analyse-cartographique-et-statistique-de-letat-de-loccupation-du-sol-dans-la-sous-prefecture-de-bondoukou-nord-est-cote-divoire/> (consulté le 27 décembre 2022).
- [26] D. Lessire, « Cartographie de types de forêt et de l'occupation du sol en République Centrafricaine à l'aide de télédétection optique (Sentinel-2) », 2019.
- [27] F. N. Kabemba et al., « Couvert forestier et distribution de Pan paniscus dans la Réserve Naturelle de Sankuru, RD Congo », présenté à Conférence OSFACO : Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique, mars 2019. Consulté le: 25 février 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://hal.science/hal-02189507>.
- [28] V. J. Sokeng et al., « Suivi par télédétection des affectations des terres pour la promotion d'une agriculture intégrée au développement forestier en Côte d'Ivoire », présenté à Conférence OSFACO : Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique, mars 2019. Consulté le: 25 février 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://hal.science/hal-02189403>.
- [29] F. Bioresita, A. Puissant, A. Stumpf, et J.-P. Malet, « Fusion of Sentinel-1 and Sentinel-2 image time series for permanent and temporary surface water mapping », *International Journal of Remote Sensing*, juin 2019, Consulté le: 2 octobre 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431161.2019.1624869>.
- [30] K. A. Stéphane, A. Roland, et E. M. Jalal, « Utilisation d'une image satellite LANDSAT 8 pour la cartographie de l'occupation des sols dans la ville de Bondoukou et ses environs en Côte d'Ivoire », vol. 30, n° 1, p. 10, 2020.
- [31] A. M. Abdi, « Land cover and land use classification performance of machine learning algorithms in a boreal landscape using Sentinel-2 data », *GIScience & Remote Sensing*, vol. 57, n° 1, p. 1-20, janv. 2020 doi: 10.1080/15481603.2019.1650447.
- [32] C. Qiu, L. Mou, M. Schmitt, et X. X. Zhu, « Fusing Multiseasonal Sentinel-2 Imagery for Urban Land Cover Classification With Multibranch Residual Convolutional Neural Networks », *IEEE Geosci. Remote Sensing Lett.*, vol. 17, n° 10, p. 1787-1791, oct. 2020, doi: 10.1109/LGRS.2019.2953497.
- [33] Y. Konko, B. Afelu, et K. Kokou, « Potentialité des données satellitaires Sentinel-2 pour la cartographie de l'impact des feux de végétation en Afrique tropicale : application au Togo », *Bois et Forêts des Tropiques*, vol. 347, p. 59, mars 2021, doi: 10.19182/bft2021.347.a36349.
- [34] T. Ouattara, F. Kouamé, C. Zo-Bi, R. Vaudry, et C. Grinand, « Changements d'occupation et d'usage des terres entre 2016 et 2019 dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire : impact des cultures de rente sur la forêt », *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, vol. 347, p. 91-106, mars 2021, doi: 10.19182/bft2021.347.a31868.
- [35] B. Mertens et C. Pinet, « Accompagnement de pays d'Afrique Centrale et de l'Ouest dans l'utilisation de l'imagerie satellitaire pour la conception, la mise en oeuvre et le suivi des politiques publiques d'aménagement durable du territoire, de 2010 à 2020 », *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, vol. 223, p. 81-87, nov. 2021, doi: 10.52638/rfpt.2021.565.

- [36] H. D. N'Da, E. K. N'Guessan, M. E. Wajda, et K. Affian, « Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le Parc National de la Marahoué (Côte d'Ivoire) », *Teledetection*, vol. 8, n° 1, p. 17, 2008.
- [37] T. D. Soro *et al.*, « Hydroclimatologie et dynamique de l'occupation du sol du bassin versant du Haut Bandama à Tortiya (Nord de la Côte d'Ivoire) », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, n° Volume 13 Numéro 3, Art. n° Volume 13 Numéro 3, déc. 2013, doi: 10.4000/vertigo.14468.
- [38] G. Soro *et al.*, « Apport de la télédétection à la cartographie de l'évolution spatio-temporelle de la dynamique de l'occupation du sol dans la région des Lacs (Centre de la Côte d'Ivoire) », *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, vol. 10, n° 3, Art. n° 3, nov. 2014, doi: 10.4314/afsci.v10i3.
- [39] G. Ake, K. Kouame, A. Koffi, et J. Jourda, « Cartographie des zones potentielles de recharge de la nappe de Bonoua (sud-est de la Côte d'Ivoire) », *rseau*, vol. 31, n° 2, p. 129-144, 2018, doi: 10.7202/1051696ar.
- [40] G. E. Ake et B. H. Kouadio, « Apport des SIG à la délimitation des périmètres de protection autour de la prise d'eau de la SODECI à Aboisso, sud - Est de la Côte d'Ivoire », 2019, n° 15, Art. n° 15, 2019.
- [41] A. E. N'Guessan, Y. L. Akpa, N. O. Yao, et J. N. Kassi, « Cartographie de la dynamique du couvert végétal de la forêt Classée d'Agbo 1 Côte d'Ivoire », *Agronomie Africaine*, vol. 31, n° 1, Art. n° 1, mai 2019, doi: 10.4314/aga.v31i1.
- [42] M. Y. Ta *et al.*, « Diagnostic of hydrous state of drain in the mid-dry season of kohodio watershed using multispectral images of Landsat generation from 1986 to 2018 », *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 27, n° 1, Art. n° 1, août 2019.
- [43] V. T. Assoma, N. A. Yao, J. S. Dio, et J.-P. Jourda, « Apport de la télédétection et d'un SIG à la cartographie des changements de l'occupation du sol dans le bassin versant de la Lobo en Côte d'Ivoire », *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, n° Volume 16, Art. n° Volume 16, janv. 2021, doi: 10.4000/physio-geo.12654.
- [44] M. A. C. NJEUGEUT, T. M. YOUAN, V. M. SOROKOBY, T. V. ASSOMA, M. G. ADJA, et J. P. JOURDA, « Dynamique d'occupation du sol du bassin versant de la volta, par la méthode de l'arbre de décision, à partir des images multispectrales de la génération Landsat de 1990 à 2020 », *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)*, vol. 10, n° 4, p. 34-45, avr. 2021.
- [45] D. Akkari, « L'apport du système d'information géographique (SIG) dans la définition des zones de potentiel hydrique dans le bassin versant Abou Ali (Liban Nord) », *Journal of Alpine Research / Revue de géographie alpine*, n° 110-4, Art. n° 110-4, janv. 2022, doi: 10.4000/rga.10015.
- [46] S. M. Bachir *et al.*, « Télédétection et système d'information géographique pour la cartographie du parcellaire situé en bordure de rivière de la région de Man (Ouest de la Côte d'Ivoire). », p. 2.
- [47] I. Aneee et P. Thenkabail, « Accuracies Achieved in Classifying Five Leading World Crop Types and their Growth Stages Using Optimal Earth Observing-1 Hyperion Hyperspectral Narrowbands on Google Earth Engine », *Remote Sensing*, vol. 10, n° 12, Art. n° 12, déc. 2018, doi: 10.3390/rs10122027.
- [48] K. Aka, ¹ R., H. N. D. Crystel, et N. Bohoussou, « Étude comparative de Sentinel-2 et Landsat-8 Oli à l'évaluation de l'occupation du sol du site Ramsar d'Azagny, Sud de la Côte d'Ivoire », *Afrique Science Revue Internationale des Sciences et Technologie*, vol. VOL.20, N°5 (2022), p. 48-63, avr. 2022.
- [49] H. N'da, C. Kaudjhis, et K. S. Dahan, « Dynamique spatio-temporelle des feux de 2001 à 2019 et dégradation du couvert végétal en zone de contact forêt-savane, Département de Toumodi, Centre de la Côte d'Ivoire », *Afrique Science Revue Internationale des Sciences et Technologie*, vol. 19, p. 94-113, sept. 2021.
- [50] C. B. Tiesse, E. N. Wandan, et H. D. N'da, « Apport De La Teledetection Pour Le Suivi SpatioTemporel De L'occupation Du Sol Dans La Region Montagneuse Du Tonkpi (Cote D'Ivoire) », *ESJ*, vol. 13, n° 15, p. 310, mai 2017 doi: 10.19044/esj.2017.v13n15p310.
- [51] T. Ouattara *et al.*, « Suivi des Terres et de la Déforestation par Télédétection Spatiale et Aérienne à l'Est et au Sud-Est de la Côte d'Ivoire », 2022. doi: 10.13140/RG.2.2.33587.71200.

