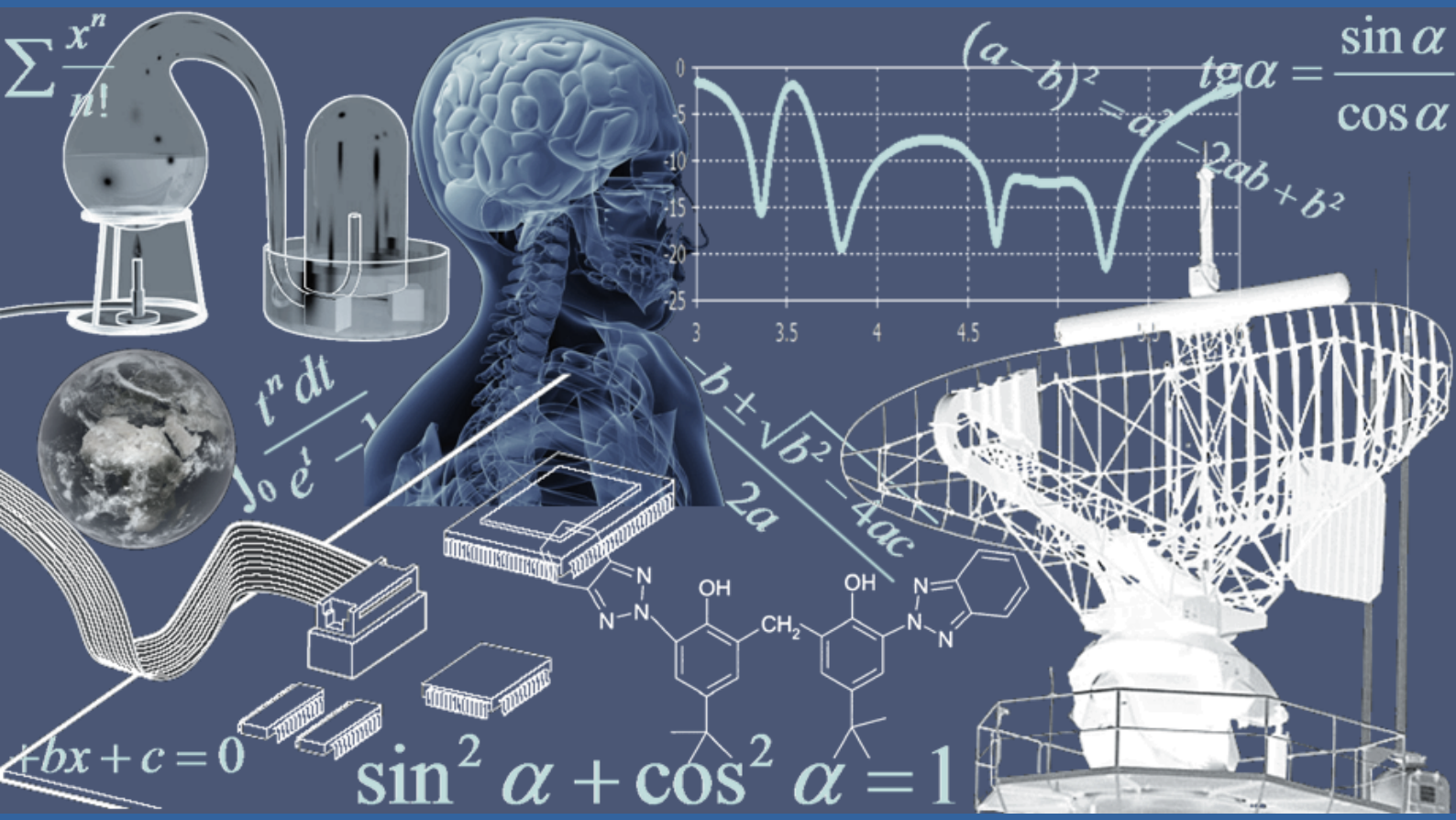
ISSN: 2028-9324
CODEN: IJIABO
Impact Factor: 4.063

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 24 N. 4 November 2018



International Peer Reviewed Monthly Journal

Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.issr-journals.org/

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 Pharmaceutics, Physics and Astronomy, Psychology, Social Sciences, Veterinary.

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

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

Editorial Advisory Board

Amir Samimi, Islamic Azad University, Iran
Mahsa Ja'fari, Department of Chemical Engineering, Abadan Faculty of Petroleum, Petroleum University of Technology, Abadan, Iran
Alin Velea, Paul Scherrer Institute, Switzerland
Kamyar Hasanzadeh, Aalto University, Finland
Ogbonnaya N. Chidibere, University of East Anglia, United Kingdom
Oumair Naseer, University of Warwick, United Kingdom
Wei Zheng, University of Texas Health Science Center at San Antonio, USA
Hu Zhao, University of Southern California, USA
Haijian Shi, Kal Krishnan Consulting Services, Inc, USA
Syed Ainul Abideen, University of Bergen, Norway
Fabio De Felice, University of Cassino and Southern Lazio, Italy
Giovanni Leonardi, Mediterranea University of Reggio Calabria, Italy
Siham El Gouzi, Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, Spain
Mohamed KOSSAÏ, European Business School EBS Paris, France
Mustafa Batuhan AYHAN, Marmara University, Turkey
Andrzej Klimczuk, Warsaw School of Economics, Poland
Corinthias P. M. Sianipar, Tokyo University of Science, Japan
Irfan Jamil, Sinohydro Engineering, China
Sukumar Senthilkumar, Chonbuk National University, South Korea
Bratu (Simionescu) Mihaela, Bucharest University of Economic Studies, Romania
Mirela Maria Codescu, National Institute for R&D in Electrical Engineering ICPE-CA, Romania
Milen Zamfirov, St. Kliment Ohridski Sofia University, Bulgaria
Svetoslava Saeva, Neofit Rilski South-West University, Bulgaria
Dimitris Kavroudakis, University of the Aegean, Greece
Vaitsa Giannouli, Aristotle University of Thessaloniki, Greece
Nataša Pomazalová, Mendel University in Brno, Czech Republic
Hazem M. Shaheen, Damanhour University, Egypt
Shalini Jain, Manipal University Jaipur, India
Amin 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 Boumerdes, Algeria
Zoubir Dahmani, UMAB University of Mostaganem, Algeria
Mohsen Brahmi, Sfax University, Tunisia
Mongi Besbes, University of Carthage, Tunisia
Mai S. Mabrouk, Misr University for Science and Technology, Egypt
Olfat A Diab Kandil, Misr University for Science and Technology, Egypt
Munir Ahmed G. Timol, Veer Narmad South Gujarat University, India
Saravanan Vasudevan, Arunai Engineering College, India

Table of Contents

Uso de Tecnología para construcción de software que permita recomendar soluciones en el descongestionamiento vehicular 1424-1439

Christopher Crespo León, Moreira Jimmy Sornoza, Gary Reyes Zambrano, and Andrés Almendáriz Andrade

Parámetros que influyen en el congestionamiento vehicular 1440-1455

Moreira Jimmy Sornoza, Christopher Crespo León, Gary Reyes Zambrano, and Cortez Mercado Julio Joel

ETUDE DES POSSIBILITES DE TRANSMISSION DES MALADIES INFECTIEUSES PAR LES ANIMAUX DOMESTIQUES EN DIVAGATION : CAS DE L'ELEVAGE DES PORCS EN GROUPEMENT DE MITI 1456-1461

FITINA TOTO Willy, NAMEGABE BARHALENGEHWA, and BUBALA MUTOMBO

Effets macroéconomiques des chocs de la politique budgétaire au Maroc : Une analyse en VAR structurel linéaire 1462-1474

Anouar Ghazi

THE FINANCIAL SYSTEM AND ECONOMIC GROWTH IN MOROCCO THROUGH THE LENS OF FINANCIAL INTEGRATION : THEORETICAL DEBATE 1475-1480

ABDERRAZAK ELKILALI, LATIFA LANKAOUI, and CHEGRI BADREDDINE

Sleep Disorder Modelling Test: Theories and applications based on the multinomial logit model 1481-1488

Abdellatif ELLOUMI, Olfa Ben Amor Zegnani, and Abeljelil FARHAT

ANALYSE ECOLOGIQUE DE LA NOTION D'EQUATION DANS LES PROGRAMMES DE MATHEMATIQUE EN PREMIERE ANNEE SECONDAIRE 1489-1496

Jean-Marie KAPENGA KAZADI NTUNDULA

ANALYSE ECOLOGIQUE ET PRAXEOLOGIOQUE DE MANUELS 1497-1512

Jean-Marie KAPENGA KAZADI NTUNDULA

Valeurs nutritives, toxiques et paramètres physico-chimiques de la matière grasse des termites consommés à Kisangani et à Mbuji-Mayi (RD Congo) 1513-1517

K. Katembua, A. Moango, K. Kayisu, and L. Juakaly

Valeurs nutritives, toxiques et paramètres physico-chimiques de la matière grasse de trois variétés des chenilles (Elaphrades lectea, Buraeopsi aurantiaca, Imbrasia epimether) vendus au marché de kisangani et ses environs (RD Congo) 1518-1522

K. Katembua, A. Moango, K. Kayisu, and L. Juakaly

Incidence de la pollution des eaux du lac Kivu sur sa biodiversité : Cas du tronçon Place de l'Indépendance - Kazingo à Bukavu 1523-1536

M.J. KITOGA and Dieudonné Wafula Mifundu

Modélisation et simulation d'un réseau d'interconnexion à fibre optique et ses applications 1537-1543

Henri KISOKI MBUNGA

Temporal Analysis of Road Accidents by ARIMA Model : Case of Tunisia 1544-1553

Aymen Ghédira, Karim Kammoun, and Chaker BEN SAAD

Rulings of Salam between Ibn Abd al-Barr and al-Samarqandi 1554-1558

Mohamed EZZITI, Badre-Eddine EZZITI, Abdellah Zeroual, and Almouncif LKRISSI

Innovation Sociale et Entreprise Sociale: Une lecture théorique bilatérale 1559-1566

Wiam LAHMIDI

Analyse de la forme des gouvernements postcoloniaux en Afrique : Des républiques ou des monarchies déguisées en républiques ? 1567-1578

KILWA SIBUMBA Eustache

EVALUATION DU STATUT EN VITAMINE D ET SA RELATION AVEC LES PARAMETRES ANTHROPOMETRIQUES : CAS DE LA REGION SOUSS MASSA (MAROC) 1579-1590

ABDELLAH MOUKAL, EL HASSAN IZAABEL, ABDELLAH EL FAROUQI, and MOHAMED AGHROUCH

Premières données du peuplement ichtyologique d'un plan d'eau d'agglomération : Le lac kaby de Bongouanou (Côte d'Ivoire) 1591-1602

Nathalie Akissi KOUADIO, Gouli Gooré Bi, YAO Stanislas Silvain, Barthélemy Kouakou KOFFI, and Aristide Yao KONAN

Valorisation de l'attapulgite de Pout comme inhibiteur de corrosion du fer à béton Fe500-3 dans la solution interstitielle du béton 1603-1613

Malang Bodian, Dame Keinde, Alpha Ousmane Touré, Prince Momar Gueye, and Modou Fall

Thermo-mechanical study of artificial aggregates-based concrete derived from the Thicky clays (Senegal) 1614-1628

Aida GAYE, Prince Momar Gueye, Dame Keinde, and Ndèye Awa SENE

Désaffection des citadins pour le riz togolais 1629-1637

KPOTCHOU Koffi

Caractérisation de quelques polluants chimiques et bactériologiques des rivières Mokali et Tshuenge à Kinshasa (République Démocratique du Congo) 1638-1644

Zénon Freddy FALANGA N'KI-ADI, Emmanuel BIEY MAKALY, and Dieudonné MUSIBONO EYUL ANKI

Etude décennale (2005-2015) par imagerie satellitale de l'évolution spatiotemporelle des feux de brousse dans l'arrondissement de Koussanar (Région de Tambacounda) 1645-1657

Amsatou THIAM, Abdoulaye WELE, Serigne Modou SARR, and Cheickh Mame Mor MBODJI

Pertinence des prescriptions des analyses biochimiques urgentes au CHU Ibn Rochd de Casablanca 1658-1663

Assiya El Kettani, Mohammed El Aouni, and NABIHA KAMAL

Richesse spécifique et abondance du peuplement ichtyologique de l'Aire Marine Protégée de Joal- Fadiouth au Sénégal 1664-1678

Serigne Modou SARR, Mamadou NDIAYE, Elhadji FAYE, and Djibril Keita DIEDHIOU

Variation spatiale et temporelle de la salinité des eaux souterraines dans la région nord et ouest de l'aquifère Sine-Gambie (Sénégal) 1679-1689

Seyni NDOYE, Moumtaz RAZACK, and Cheikh Bécaye GAYE

Effets d'une consommation modérée d'alcool sur la progéniture de la ratte (Wistar) 1690-1700

Prisca Joëlle Djoman DOUBRAN, Koffi Mathias YAO, Niemtiah OUATTARA, Antoine Némé TAKO, and Bialli SERY

Social Marketing, Social economy and Interdependent Moroccan in ECOWAS economic space: Which potential? Which prospects? 1701-1710

Asmaa ABYRE, Meryem AIT OUALI, and Mohamed EL KANDILI

Cocoa Beans Fermentation Degree Assessment For Quality Control Using Machine Vision and Multiclass SVM Classifier 1711-1717

YRO Aubain, N'ZI Edié Camille, and KPALMA Kidiyo

Caractérisation technique des élevages des ruminants dans la ville de Niamey (Niger) 1718-1725

ISSOUMANE SITOU Moustapha, MAHAMAN MALAM MOUCTARI Ousseini, DJIBJI Inoussa, and CHAIBOU Mahamadou

ETUDE NUMERIQUE DU MODELE CIRCUIT RLC D'UNE PRISE DE TERRE 1726-1730

Kadiolotien SORO, Aka TANOH, and Aka S. Koffi

GOUVERNANCE D'ENTREPRISE ET COÛT DE LA DETTE : L'IMPACT DE LA LOI SARBANES OXLEY 1731-1749

Sondes DRAIEF

Pronostic d'accouchement chez les gestantes porteuses d'utérus cicatriciels dans la ville de Butembo en République Démocratique du Congo 1750-1760

Philémon MUMBERE MATUMO, Joël KAMBALE KETHA, Aimé LUKWAMIRE VAHAMWITI, and Jean-Jeannot JUAKALI SIHALIKYOLO VUYIAMBITE

Diversité structurale d'une aire protégée urbaine : Cas du Parc National du Banco (Côte d'Ivoire) 1761-1772

SANGNE Yao Charles, KOUAKOU Kouassi Apollinaire, BAMBA Issouf, KPANGUI Kouassi Bruno, and BARIMA Yao Sadaiou Sabas

Application of hydrological model "HEC HMS" In a Mediterranean watershed (Oued Laou, Northern of Morocco) 1773-1781

Mourad Aqnouy, Jamal Eddine Stitou El Messari, Abdelmounim Bouadila, Ismail Bouizrou, and M. Reda Aoulad Mansour

Evaluation de la consommation des cultures locales dans le centre-nord de la Côte d'Ivoire : Cas de l'igname, du manioc et de l'arachide 1782-1793

Monty Abibata CAMARA, Zita Essan Bla N'Goran-Aw, Cissé MOCTAR, Eric Fattoh ELLEINGAND, and Nogbou Emmanuel ASSIDJO

INVESTIGATIONS PHYTOCHIMIQUE ET ANTIOXYDANTE DE CINQ PLANTES MEDICINALES IVOIRIENNE UTILISEES CONTRE LA CARIE DENTAIRE 1794-1804

Baudelaire Affi Kakou, Guy Roger Mida KABRAN, Alain Hugues N'Guessan, Valery Kouadio Bohoussou, Anoubile Benie, Mamyrbékova-Békro Janat Akhnanovna, and Yves-Alain Békro

Séroprévalence de la syphilis parmi les donneurs de sang dans une Zone de Santé Rurale au Nord-Est de la RD Congo (Isangi) 1805-1810

Jacques Ossinga Bassandja, Serge Tonen Wolyec, Kambale Maliro Jean-Bosco, Muyobela Kampunzu Véronique, Mopepe Gwendiza Jean, Batina Agasa Salomon, Camille-Rémy Atoba Bokele, Joris Losimba Likwela, and Charles Kayembe Tshilumba

Séroprévalence des marqueurs viraux sur les dons du sang dans une zone de santé rurale au Nord-Est de la RD Congo (Isangi) 1811-1818

Jacques Ossinga Bassandja, François Lusamaki Mukunda, Gaspard Mande Bukaka, Kabongo Mbamukonka Patrice, Serge Tonen Wolyec, Camille-Rémy Atoba Bokele, Jean Paulin Mbo Mukonkole, Joris Losimba Likwela, Tsongo Kibendelwa Zaccahrie, Batina Agasa Salomon, and Charles Kayembe Tshilumba

Synthesis and Characterization of new Menthopyrazole Compounds derived from Menthone 1819-1822

Abdeslam Ansari, Ahmad Oubair, and M. Znini

Diversité floristique des adventices hôtes de Achaea catocaloides Guenée : Chenille ravageuse des parcelles cacaoyères dans les départements de Toumodi et de Taabo en Côte d'Ivoire 1823-1833

Awa Touré, Natacha Singa Singo, and Arsène Gué and Joseph Ipou Ipou

In vitro study of the compatibility of six fungicides with two strains of Trichoderma asperellum, biocontrol agents used against cacao black pod disease in Cameroon 1834-1848

Messi Lin Marcellin, Manga Essouma François, Voula Audrey Valteri, Essouma Marie-Josephe Endali, and B.A.D. Begoude

Variation des teneurs en composés phénoliques au cours de la maturation des fruits de Grewia coriacea 1849-1858

Okandzé MBAMA, Joseph MPIKA, Marcel ANDZOUANA, and ATTIBAYÉBA

Etude de la dynamique spatiale et structure du Jardin Botanique Stanislas Lisowski de la Faculté des Sciences, UNIKIS, RD Congo 1859-1875

Bijoux Lituka, Francine B. Kirongozi, Jacques N.B. Tchatchambe, and Hyppolite S-M. Nshimba

Ontologie et phénoménologie du temps : Réflexions sur les usages du temps en Histoire 1876-1885

Saha Zacharie

Valeur nutritionnelle des chenilles comestibles de la ville de Lubumbashi (Province du Haut-Katanga R.D.C.) 1886-1891

M.R. Kanga-Kanga, N.D. Mulungu-Lungu, G. Nsenga Mpanda, H. Malonga L'kisaten, F. Musala Kiyula, C. Kalaka Mayur, D. Badibanga Kasumpa, D. Ntumba Tshovu, J. Kahozi Sumba, and N. Khang Mate Mpie

Potentiel nutritionnel et thérapeutique des chenilles comestibles de la ville de Lubumbashi (Province du Haut-Katanga / R.D.C.) 1892-1900

H. Malonga L'kisaten, M.R. Kanga-Kanga, N.D. Mulungu-Lungu, D. Badibanga Kasumpa, G. Nsenga Mpanda, N. Khang Mate Mpie, F. Musala Kiyula, C. Kalaka Mayur, D. Ntumba Tshovu, and J. Kahozi Sumba

La décentralisation au Maroc : Perspectives et défis 1901-1907

Almahdi Koraich and Moustapha HAMZAOUI

Perspective et choix des méthodes de production d'énergie électrique adaptées à l'équilibre écologique en République Démocratique du Congo : Cas de la Province du Katanga 1908-1916

NGELEKA MULAMBA Fontaine

Détermination de la bande de fréquence d'étude d'un matériau à base de kénaf à partir de l'évolution de la température et de la densité de flux de chaleur en fonction de la fréquence d'excitation 1917-1922

Ould Mohamed BAH, Mamadou Babacar NDIAYE, Youssou TRAORE, Seydou Faye, Issa DIAGNE, Moussa GOMINA, and Grégoire SISSOKO

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1424-1439
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Uso de Tecnología para construcción de software que permita recomendar soluciones en el descongestionamiento vehicular

[Use of Technology for software construction that allows recommending solutions in vehicle decongestion]

Christopher Crespo León, M. Jimmy Sornoza, Z. Gary Reyes, and Andrés Almendáriz Andrade

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

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

ABSTRACT: In our world, the increase of vehicles in each city has been a constant problem causing an misnamed "vehicular congestion", the same that has been fought for each administrative sector, in this article, noting that they are the best tools for creating software that enables recommend solutions in vehicle descongestion, which is vital to a centralized approach fulfilling tasks, optimizing time resources are used to analyze the parameters that influence the vehicular congestion.

KEYWORDS: Vehicular decongestion, software, tools, database solutions.

RESUMEN: En nuestro mundo, el aumento de vehículos en cada ciudad ha sido una constante problemática ocasionando un mal llamado "Congestionamiento Vehicular", el mismo, que ha sido combatido por cada sector administrativo. En este artículo observaremos cuales son las mejores herramientas para la creación de un software que permita recomendar soluciones en el descongestionamiento vehicular, son de vital importancia, con un enfoque centralizado en cumplir tareas, optimizando el tiempo y los recursos que se utilizan para analizar parámetros que influyen en el congestionamiento vehicular.

PALABRAS-CLAVES: Descongestionamiento vehicular, software, herramientas, base de datos, soluciones.

1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años el incremento del parque automotor en las ciudades se ha tornado una problemática que ha desencadenado una serie de problemas como el desorden vehicular; el cual ha afectado en gran proporción las conductas y manera de vivir del ser humano.

Esta problemática se ha tornado tan grave, a tal punto, que en ciudades como Quito se optó por aplicar medidas como el sistema "Pico y Placa" el cual consiste en una restricción de circulación vehicular en determinadas horas y días de la semana identificados como horarios críticos por la autoridad competente; aplicación que se realiza dependiendo el ultimo digito de la placa del vehículo.

Los estudios realizados a la sociedad han determinado que una de las causas más comunes del estrés de las personas es la congestión vehicular, al que deben enfrentarse cuando tienen la necesidad de trasladarse de un punto a otro. Otra problemática de este incremento en el parque automotor es el aumento de la contaminación ambiental que día a día aumenta en gran proporción y degrada nuestra salud.

Corresponding Author: M. Jimmy Sornoza

El congestionamiento vehicular es atacado y evitado por cada ciudad, cantón, pasajero y conductor, puesto que es una problemática que genera gran escases de recursos tanto tangibles (dinero, refacciones... etc.), como intangibles (tiempo, felicidad... etc.). [1]

Actualmente, existen grupos de investigación que desarrollan mejores formas de evitarlo o disminuirlo, sin éxito permanente. Las soluciones, variables y entornos que combaten este problema son temporales, debido a que llega un punto en que los resultados son aplicados como: accesos a otros carriles, calles ensanchadas, limitación en la circulación de determinados medios de transporte, que en un final se vean afectados por un aumento circunstancial de vehículos, personas y demás factores que generen congestionamiento.

El mantener las miradas y atenciones al dominio de dicho mal es una de las responsabilidades de cada sector, cabildo y empresa, los cuales, son parte importante y fundamental del desarrollo de alternativas fáciles, eficaces y factibles para ponerlas en práctica combatiendo este mal no tan nuevo. [1]

Los males de las congestiones vehiculares se expanden mucho más, socialmente, siendo un agravante de acciones vandálicas, además del estrés manipulado por el enojo; siendo así, una de las razones por las cuales se pretende encontrar soluciones optimas y factibles para este tema. [2]

Por estas razones se propone desarrollar un software que permita analizar, ubicar y enfocar cada uno de los factores que causan el congestionamiento a nivel general, en la ciudad de Guayaquil; para ello usaremos las siguientes herramientas de programación:

- PostgreSQL
- PosGis
- QGIS
- Lenguaje “R”
- PHP
- HTML
- XAMP
- Openlayers (API)
- LeaFlet (API)
- CartoDB
- OpenStrettMap
- Python
- Aws
- Ionic
- Angular JS
- MongoDB
- ApacheKafka
- RabbitMQ

2 HERRAMIENTAS

En esta sección analizaremos brevemente cada una de las herramientas que utilizaremos para la creación de nuestro software propuesto.

2.1 POSTGRESQL

PostgreSQL es un sistema muy potente para la gestión de base de datos, que con el pasar de los tiempos ha ganado robustez y fuerza, siendo uno de los más usados en el mercado, posee una licencia BSD que le permite al usuario modificarlo y redistribuirlo con solo una restricción: mantener el copyright del software de sus autores.

PostgreSQL nos permite definir funciones personalizadas creadas en lenguajes como:

- PL/pgSQL
- PL/Tcl
- PL/Perl
- PL/Python

- PL/PHP
- PL/Ruby
- PL/Java

Una de las ventajas de PostgreSQL es que nos permite desarrollar bases de datos relacionales robustas y eficientes.

2.2 POSTGIS

PostGIS es una extensión de PostgreSQL que permite transformar una base de datos convencional como base de datos espacial, especialmente tomando en cuenta datos geográficos de coordenadas; es un proyecto con licencia GPL, además tiene las siguientes ventajas: [3]

- Soporta estándares SQL.
- Compite principalmente con las Base de datos comerciales que son muy costosas.
- Tiene mejores opciones para organizar, visualizar y analizar la información.

Como PostGis esta creado a partir de PostgreSQL hereda directamente de esta base los datos empresariales y también los estándares que implementa.

Un aspecto muy importante es que PostGis ha sido certificada en 2006 por el Open Geospatial Consortium lo que nos garantiza que es perfectamente operable con otros sistemas.

2.3 QGIS

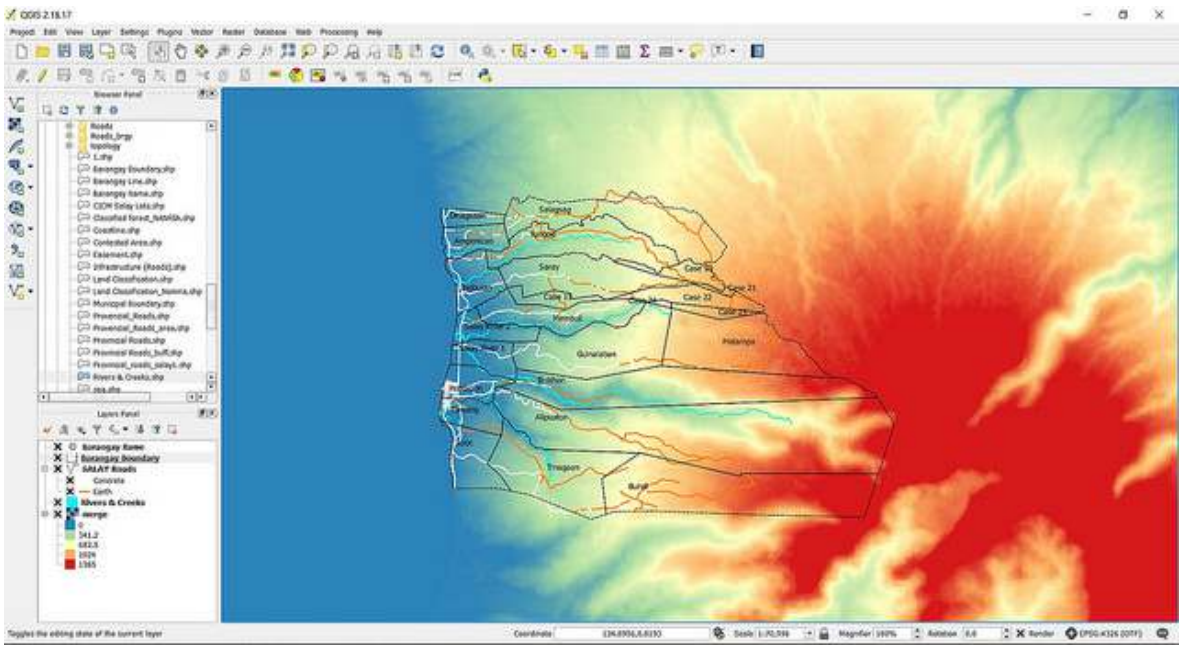


Fig. 1. Mapa realizado en QGIS, y ambiente de trabajo de un colaborador. Imagen obtenida del repositorio flickr.com de qgis.org

Es un sistema de Información Geográfica que permite analizar datos y diseñar mapas imprimibles en formatos raster y vectoriales, así, como base de datos. Es de código libre y desarrollada para las plataformas GNU/LINUX, Unix MacOS, Microsoft Windows y Android.[4] [1]

QGIS cuenta con un Compositor de Impresión el cual nos servirá para tomar capas de SIG (Sistema de información Geográfica), empaquetarlas y proceder con la creación de mapas.

Esta herramienta nos permite trabajar con la fuente de datos OpenStreetMap la cual nos proporcionara de calles, datos locales y más información.

2.4 LENGUAJE R

Este lenguaje de programación está diseñado al análisis estadístico de datos, cumple diversas áreas en general, siendo en el campo estadístico usado con mayor frecuencia, proporciona diversas herramientas los cuales van desde la creación de tablas y gráficos de alta calidad, combinación sin fisuras análisis pre empaquetados y una extensa comunidad. Es de licencia GNU disponible para los sistemas operativos Windows, Macintosh, Unix y GNU/Linux. [2] [7]

El lenguaje R nos permite complementarlo mediante la creación de funciones propias creadas como usuarios; este lenguaje es muy útil ya que nos permite trabajar con modelos lineales, no lineales, y una serie de algoritmos de clasificación y agrupamiento.

Este lenguaje además nos permite integrarlo con distintas bases de datos; inclusive podemos utilizar lenguajes de programación como Perl y Python.

Lenguaje R nos permite generar gráficos de alta calidad ya que posee un abanico de herramientas incluidas funciones de graficación; además se puede utilizar en proyectos de minería de datos y cálculos numéricos.

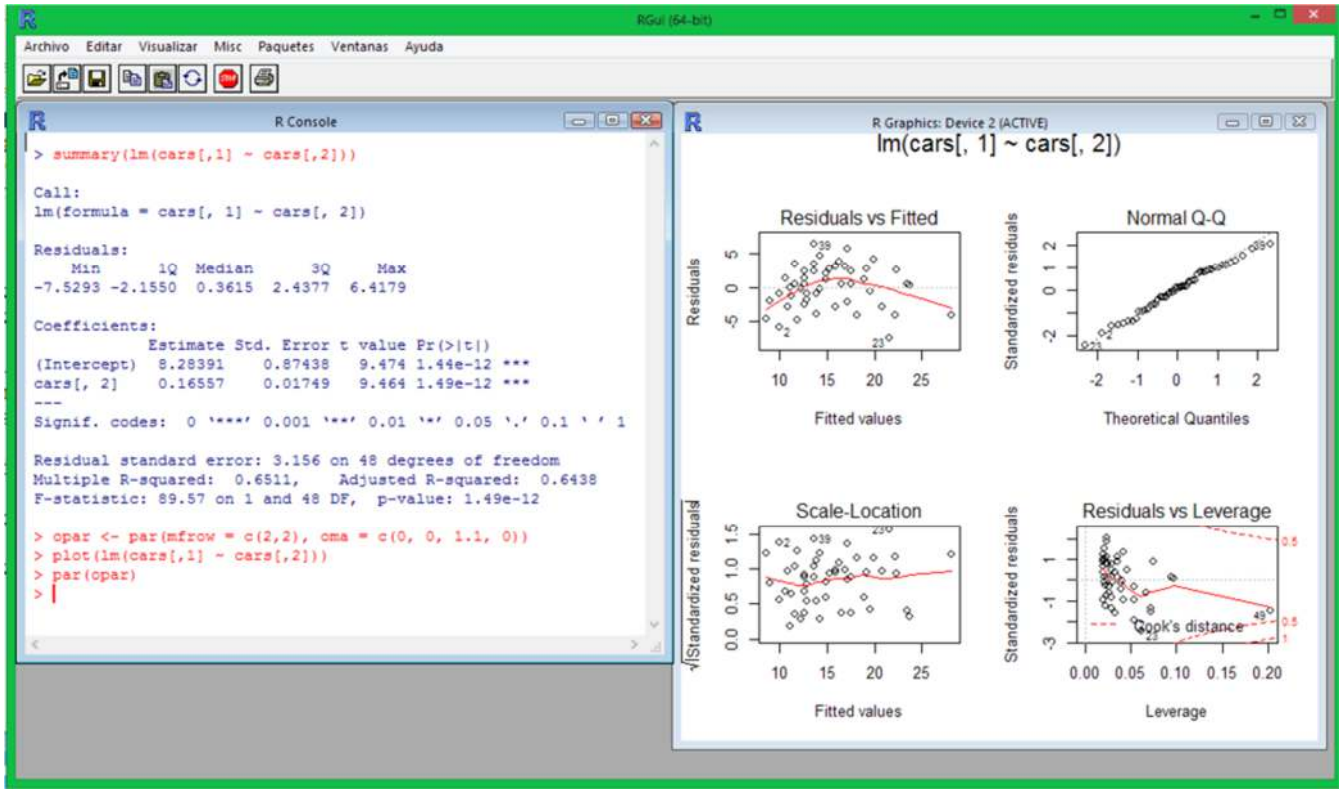


Fig. 2. Ambiente de trabajo, ejemplo de regresión y su análisis somero en R versión 3.2.2 y en el sistema operativo Windows, Image By Sr. Alvaro [CC BY-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0)], from Wikimedia Commons.

2.5 PHP

Es un lenguaje de código abierto, completo, y el más usado en entorno web del mundo tanto por su fácil usabilidad, integración con una licencia de código abierto, así como una perfecta integración con lenguajes como HTML, además, obtención de tablas con contenido dinámico, no tan solo con el contenido que mantenga en si alojado, sino también con el de otros sitios.

PHP es un lenguaje muy popular con la característica de que es adecuado para desarrollo web el cual puede ser incrustado en HTML.

Cuando utilizamos PHP para el desarrollo web tenemos la facilidad de suprimir líneas de código en C o en Perl para mostrar un HTML y reemplazarlo por código PHP incrustado en el HTML; el cual está etiquetado por las etiquetas que nos permiten ingresar y salir del modo PHP.

En PHP el código es ejecutado en el servidor y el HTML generado con la ejecución de los scripts es enviado al cliente; esta herramienta tiene la característica de ser simple de modo que puede ser usada por principiantes, pero a su vez ofrece muchas otras características avanzadas para ser puestas en práctica por programadores profesionales.

2.6 HTML

HTML es el lenguaje que define todo el contenido de las páginas web, usa un sistema de etiquetas para expresar todo el texto y contenido que contengan un sitio web, además, permite la creación de documentos hipertexto, siendo básicamente desde sus orígenes parte de la web.

HTML es el elemento básico para la creación de una página web; este lenguaje se utiliza para el contenido de la página web pero no para su funcionalidad.

En la creación de una página web el uso de HTML está marcado por elementos tales como <head>, <title>, <body>, <hader>, y muchos más.

A lo largo del tiempo se han creado diferentes versiones en las cuales se han incrementado y suprimido características con la finalidad de hacerlo eficiente y compatible con los diferentes navegadores y los dispositivos sobre los cuales son levantados.

2.7 XAMPP

XAMPP es un servidor independiente, de software libre conteniendo bases de datos como MySQL, el servidor Web Apache, y los intérpretes para lenguajes de script: PHP y Perl, entre las características y requisitos vemos que en sí no posee ninguno, es de fácil instalación y usabilidad.

Con un sinnúmero de aplicaciones, fue diseñado previamente para pruebas en ordenadores propios, pero en la vida real ha sido una buena opción para ser usado en servidores de sitios web, con algunas configuraciones.

XAMPP es una distribución gratuita de Apache, contiene MariaDB, PHP y Perl, este proyecto tiene más de 10 años y cuenta con un gran número de colaboradores que continuamente le dan mantenimiento.

La característica principal de XAMPP es que nos permite realizar las pruebas de nuestro trabajo en nuestro pc sin necesidad de acceder a internet. Su instalación y uso en muy fácil, ya que posee una configuración totalmente funcional a partir del momento en que se instala; no es ideal para grandes ambientes o producción debido a que no cuenta con una seguridad adecuada.

2.8 OPENLAYERS

Es una librería JavaScrip opcional ante Google Maps a la hora de incrustar mapas en un sitio o página web con georeferencias mantiene una licencia BSD con funcionalidades como:

- Mapas interactivos.
- Mejor visualización con mapas 3D.
- Usa WebGL para mostrar grandes conjuntos de datos vectoriales.
- Mantiene una descarga por medio de Ajax desde el navegador, evitando recargas en la página.
- Soporta sobrexposición de capas, marcadores o puntos con leyenda de manera sencilla.[3]

Para lograr generar un mapa de OSM usando OpenLayers de cualquier región o ciudad, es necesario únicamente insertar una sección de código JavaScript a un archivo HTML.

Este ejercicio se puede realizar en una página de servidor de internet, o a su vez en un archivo que se use de manera local en el pc cargándolo con el explorador.

Una vez que se ha generado el mapa, el mismo puede ser controlado con el mouse o con los controles de los dispositivos móviles como teléfonos o tablets; además en estos dispositivos el mapa se ajusta automáticamente al tamaño de sus pantallas.

Para generar un mapa OSM usando el método OpenLayer es necesario realizar lo siguiente:

1. La hoja de estilo CSS debemos cargarla en el archivo HTML y el archivo JavaSript desde el sitio de OpenLayers.
2. Posterior al paso 1 debemos crear un contenedor DIV para mostrar el mapa en el lugar de la página que lo deseamos mostrar.
3. Luego debemos usar el script para especificar el área geográfica que deseamos mostrar y el nivel de zoom deseado.

El siguiente es un ejemplo de una página con un mapa OpenStreetMap usando OpenLayer.

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<title>Mapa ejemplo de OpenStreetMap con usando Open Layers</title>
<link rel="stylesheet" href="https://openlayers.org/en/v4.0.1/css/ol.css" type="text/css">
</head>
<body>
<h1> Mapa ejemplo de OpenStreetMap usando Open Layers </h1>
<script src="https://openlayers.org/en/v4.0.1/build/ol.js"></script>
<div id="map" class="map"></div>
<script>
var map = new ol.Map({
layers: [new ol.layer.Tile({source: new ol.source.OSM()})],
target: 'map',
view: new ol.View({
projection: 'EPSG:4326',
center: [-79.9079500, -2.2058400],
zoom: 11})});
</script>
</body>
</html>
```

Para realizar una visualización de este ejemplo debemos pegar este texto en un programa de edición de texto cualquiera y guardarlo con cualquier nombre en nuestro pc con extensión HTML; posteriormente abrirlo y ya tenemos una visualización rápida de nuestro mapa.

La sección center nos indica la posición en la cual estará centrada nuestro mapa al abrirlo; en el mismo podemos poner la longitud y la latitud del lugar que deseamos separados por una “coma” para este caso centre mi mapa en la ciudad de Guayaquil con las coordenadas (-79.9079500, -2.2058400).

La propiedad zoom es el tamaño que definimos que tenga nuestro mapa por defecto al abrirlo; luego con los controles de los dispositivos (mouse si es un computador o los controles del Smartphone o Tablet) esto cambiara según lo deseemos.

El valor de proyección es la forma que OpenLayers tomara para la localización de las coordenadas; por defecto la herramienta usa EPSG: 3857 el cual usa los metros como unidad de medida; para este caso establecimos el valor EPSG: 4326 para usar los grados decimales.

OpenLayers nos brinda entre otras de sus muchas opciones, la capacidad de agregar un sinnúmero de elementos tales como controles, imágenes, marcadores, globos con información, mapas temáticos, etc.

Existen otras funcionalidades más para desarrollar mapas más profesionales de lo cual nos podemos informar consultando la documentación de esta librería.

La librería OpenLayers se puede utilizar con archivos GeoJSON para mostrar mapas mucho más interactivos.

2.9 LEAFLET

AL igual que OpenLayers es una biblioteca JavaScript de código abierto el cual sirve para crear mapas interactivos en entorno móvil, es el preferido por los desarrolladores ya que es fácil de usar y brinda una variedad de opciones.

Algunas de las ventajas se listan a continuación:

- Es de fácil aprendizaje.
- Es fácil de usar.

Posee características que funcionan perfectamente.

- Soporte Móvil.
- Es ampliable con Plugins.
- HTML 5 y CSS 3.
- Funciona perfectamente con todos los navegadores.
- La documentación de su API es muy amigable.
- Mejor arquitectura que OpenLayers ya que su aparición fue en el 2011.

Para llevar a cabo la inserción de un mapa de un área geográfica usando OSM y Leaflet se debe realizar lo siguiente:

1. Cargar la hoja de estilo leaflet.css en la página.
2. Realizar la carga del archivo JS “leaflet.js”.
3. En el lugar donde queremos visualizar nuestro mapa debemos crear un contenedor DIV.
4. Ubicar el script de carga de las miniaturas, configurar donde deseamos centrarlo, el nivel de zoom y todo lo que deseemos agregar.

Usando Leaflet podemos generar y visualizar en una página web uno o varios mapas; para esto solo es necesario insertar una sección de código JavaScript como el que se detalla a continuación:

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8">
<title>Mapa ejemplo de OpenStreetMap usando Leaflet</title>
<link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet@1.0.3/dist/leaflet.css">
</head>
<body>
<h1>Mapa ejemplo de OpenStreetMap usando Leaflet</h1>
<script src="https://unpkg.com/leaflet@1.0.3/dist/leaflet.js"></script>
<div id="map" class="map map-home" style="margin:12px 0 12px 0;height:400px;"></div>
<script>
var osmUrl = 'https://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png',
osmAttrib = '&copy; <a href="http://openstreetmap.org/copyright">OpenStreetMap</a> contributors',
osm = L.tileLayer(osmUrl, {maxZoom: 18, attribution: osmAttrib});
var map = L.map('map').setView([-79.9079500, -2.2058400], 17).addLayer(osm);
L.marker([-2.190393, -79.881878])
.addTo(map)
.bindPopup('Cisc.')
.openPopup();
</script>
 </body>
</html>
```

Se adapta automáticamente a la pantalla de los dispositivos en los cuales es visualizado siendo estos teléfonos o tablets.

La sección setView nos indica la posición en la cual estará nuestro mapa al abrirlo; en el mismo podemos poner la longitud y la latitud del lugar que deseamos, separados por una “coma”, para este caso centre mi mapa en la ciudad de Guayaquil con las coordenadas (-79.9079500, -2.2058400) y el zoom lo ubicamos en 17.

Adicional hemos agregado a nuestro mapa marcadores una opción muy usada y útil en Leaflet, para este caso hemos ubicado el edificio de nuestra carrera “Cisc” para esto le agregamos en L.marker la longitud y latitud del edificio en este caso [-2.190393, -79.881878] y la etiqueta en .bindPopup.

Podemos agregar muchos más controles como imágenes, escala para lo cual podemos verificar la documentación de la librería.[4]

2.10 CARTODB

CartoDB es una plataforma fremiun capaz de proporcionar herramientas para el mapeo Web y SIG orientado a la inteligencia de localización, contiene herramientas de fácil acceso a usuarios que no requieran experiencia previa en desarrollo SIG.

Es opcional para los usuarios usar la plataforma libre que ofrece la misma compañía, como levantar una instancia propia, CartoDB, además, cuenta con opciones gratuitas limitadas al tamaño al igual que licencias de coste con habilidades y características más desarrolladas.[5]

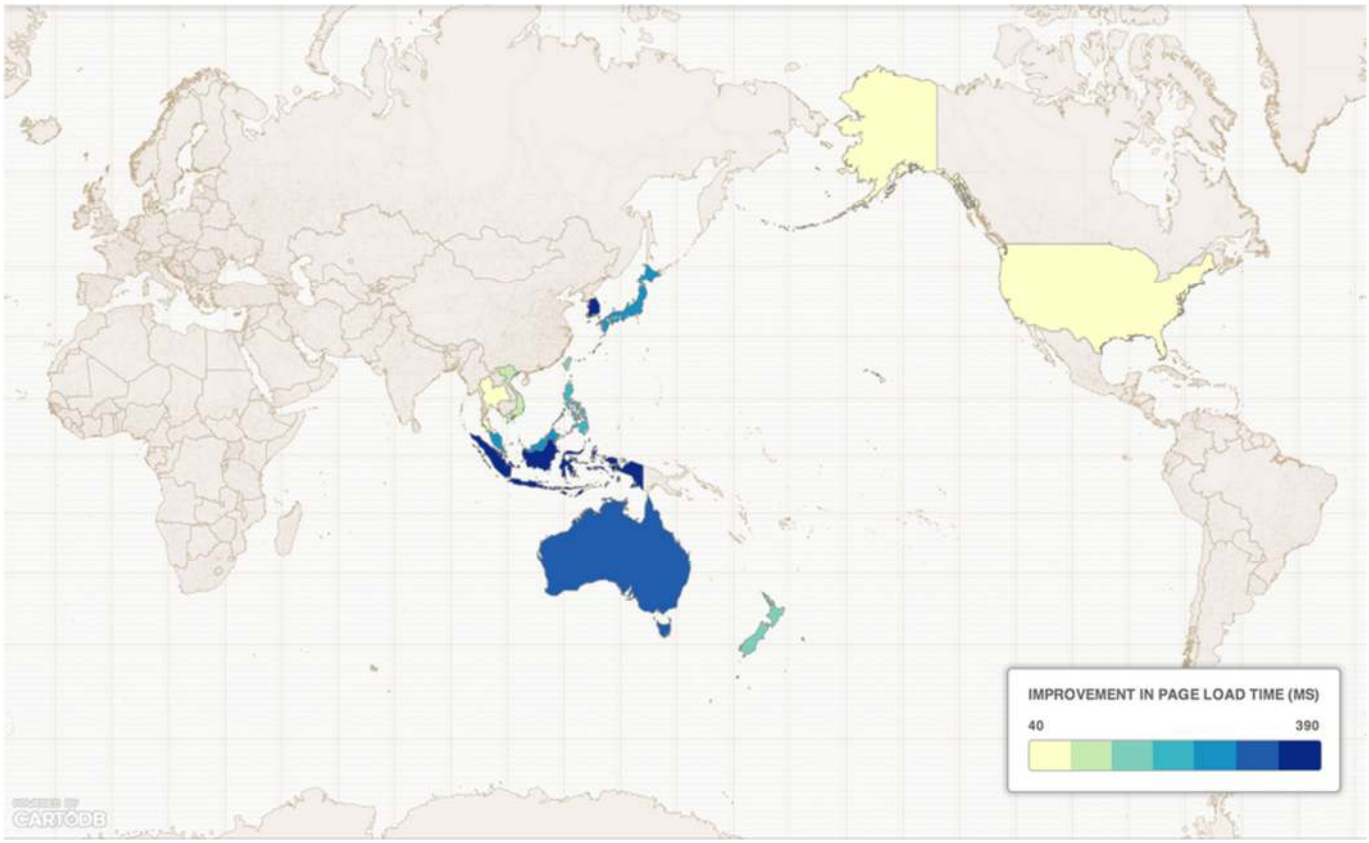


Fig. 3. Visualización de un mapa en CARTO con el tiempo de carga de página para Wikipedia,Fuente: NRuiz (WMF) [CC BY-SA 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0)], from Wikimedia Commons

2.11 OPENSTREETMAP

OpenStreetMap es conocido también por las siglas OSM y es un servicio de mapas en línea; es un proyecto orientado a la creación, publicación y visualización de mapas en las diferentes plataformas y dispositivos.

OpenStreetMap es un proyecto de código abierto en el cual cualquier persona puede colaborar con elementos y su conocimiento para actualizar el sitio, basta con tener una conexión a internet por medio de la cual se subirán los mapas editados.

Actualmente posee más de 1.500.000 usuarios registrados; podríamos definir a OSM como una comunidad de usuarios que crea una base de datos colaborativa como Wikipedia, pero para OSM son datos geográficos.

Los mapas de OSM son de gran utilidad para los ciclistas y turistas que desean tener un amplio conocimiento de una determinada zona.

Es posible que los usuarios editen personalmente una zona de algún mapa relacionada con las publicaciones del blog y posteriormente complementar el contenido brindando una información más precisa.[6]

Se puede usar la cartográfica de OpenStreetMap con total libertad solamente cumpliendo estas dos condiciones:

- Reconociendo la cartografía a OpenStreetMap y
- compartir correcciones y mejoras del proyecto. [7]

2.12 PYTHON

Python es un lenguaje de programación fácil de aprender y muy poderoso en lo que puede desarrollar, listo para realizar scripting y desarrollo rápido de diversas aplicaciones en muchas áreas y en la mayoría de las plataformas. Está desarrollado como C o C++ siendo sus sentencias más óptimas y mejoradas. [8]

En Phyton se pueden desarrollar programas compactos y legibles mucho más cortos que sus antecesores C o C++ por dos básicos motivos: [9]

- Phyton permite expresar operaciones en una sola sentencia.
- La indentación permite agrupar las sentencias de una manera mucho más óptima.

2.13 AWS

Amazon Web Services (AWS) es una plataforma en la nube que nos permite crear un espacio donde podemos almacenar bases de datos, entrega de contenido y otra funcionalidad para ayudar a las empresas a escalar y crecer, sin dejar atrás que es óptimo para la creación de aplicaciones sofisticadas, flexibles, escalares y fiables. [10]

HERRAMIENTAS [11]

- **Cloud Computing:** Todo lo necesario en un espacio para el manejo de base de datos etc.
- **Bases de datos:** Soporta un sin número de base de datos incluso los NoSql.
- **Creación de redes virtuales:** Permite la creación de redes virtuales gracias a la red de Amazon.
- **Aplicaciones empresariales:** Amazon entrega a los desarrolladores un complemento a sus actividades como Amazon WorkMail el mismo que permite la dentición con otras plataformas complementarias.
- **Almacenamiento y gestores de contenido:** Amazon S3 es el servicio principal, para el almacenamiento de archivos de diversa índole aunque complementan la oferta otros como Amazon Glacier o Amazon EBS.

2.14 IONIC

Ionic es un framework open source que ha sido desarrollado para la creación de aplicaciones híbridas basándose en HTML5, JS y CSS, fue creado en sus inicios pensado para móviles y tablets.

Es una herramienta bastante útil ya que utiliza Angular para la creación de aplicaciones muy robustas, está pensada para la obtención de resultados de una manera rápida y con bajo costo económico ya que es posible crear aplicaciones sobre distintas plataformas móviles con el mismo código base.[12]

Fig. 4. Entorno de trabajo el IDE llamado Ionic Creator, Fuente: http://www.phonegapspain.com publicada por Jose Jesus Perez Rivas 15 de enero del 2015

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

- Gran Velocidad: Ionic ha sido desarrollado para trabajar de manera rápida gracias a las aceleraciones de transiciones por hardware que posee y su mínima manipulación del modelo de Objetos del Documento (DOM).
- Ionic utiliza AngularJS para crear un marco más adecuado de modo que podremos desarrollar aplicaciones ricas y robustas. La arquitectura de Ionic es robusta y confiable para el desarrollo.
- Ionic es fácil de entender para cualquier personas que ha construido alguna aplicación nativa para IOS o Android ya que esta herramienta esta inspirad en las SDK de desarrollo para móviles más populares.
- Ionic está diseñada para trabajar con los dispositivos móviles actuales.
- Nos brinda la facilidad de que con un solo comando podremos crear, construir, probar y compilar nuestras aplicaciones en cualquier plataforma.

2.15 ANGULAR JS

AngularJS es un Framework de JavaScript Open Source que es utilizado para crear y mantener aplicaciones web en una sola página.

Angular es un framework mantenido por Google y tiene por objetivo aumentar las aplicaciones basadas en navegador con capacidad de Modelo Vista Controlador (MVC), con la finalidad de hacer que el desarrollo y las pruebas que se llevan a cabo sean más fáciles.

AngularJS ha sido construido basándose en la premisa de que se debe utilizar la programación declarativa para la creación de interfaces de usuario y enlazar los distintos componentes de software, y por otro lado que la programación imperativa es excelente para expresar la lógica de negocio.[13]

Algunas directivas nativas que podemos encontrar en AngularJs son:

- ngApp (ng-app)
- ngController (ng-controller)
- ngModel (ng-model)

- ngClick (ng-click)
- ngInit (ng-init)
- ngChange (ng-change)
- ngShow (ng-show) | ngHide (ng-hide)
- ngBind (ng-bind)

Aspectos Negativos[14]

Los aspectos negativos de usar AnguarJs es que literalmente "nos casamos" con este Framework porque la mayoría de sus funcionalidades van a estar muy integrada a la clase en Angular, por eso, desarrollando una aplicación en AngularJs "condenará" a que sea difícil migrarla a otro Framework.

La falta de documentación es una debilidad muy presente en AngularJs, aunque existen tópicos básicos, cuando los problemas avanzan no existen respaldos, además, tutoriales actuales en cierta manera se vuelven obsoletos a raíz del avance veloz del Framework.

2.16 MONGODB

MongoDB (de la palabra en inglés “humongous” que significa enorme) es una de las más famosas bases de datos No SQL cuya particularidad es que no guarda los datos en registros sino que los guarda en documentos.

MongoDB ha sido desarrollado bajo el concepto de código abierto y los documentos son almacenados en BSON que son una representación binaria de JSON.

MongoDb es una base de datos No SQL, lo que impide hacer Joins porque los archivos se guardan en forma de documentos o con datos Referencias y no son necesarios los JOINs.

MongoDB a pesar de ser una base de datos No SQL puede ser utilizada en muchos proyectos que en la actualidad se desarrollan y es especialmente útil en esquemas que necesitan escalabilidad.

MongoDB se puede obtener de una forma gratuita bajo la licencia pública general de Affero (AGPL) de GNU.[15]

CARACTERÍSTICAS

- Consultas Ad hoc: Esta base de datos soportara la búsqueda por campos, también es válido utilizar rangos en las consultas y hasta expresiones regulares. Las consultas realizadas pueden devolver algún campo específico del documento, pero también podría devolver una función JavaScript que puede ser definida por el usuario.
- Indexación: Podríamos indexar cualquier campo de algún documento de la base de datos Mongo DB; de igual forma podremos crear índices secundarios. El concepto de índices aplicado en MongoDB es similar a los que encontramos en cualquier base de datos relacional.
- Replicación: MongoDB soportara el tipo de replicación primario-secundario.
- Balanceo de carga: Sera posible escalar esta base de datos de manera horizontal bajo el concepto de “shard”.
- Almacenamiento de archivos: Podríamos decir que MongoDb es también utilizado como un sistema de archivos y de esta manera utilizaríamos la funcionalidad de balanceo de la carga y replicación de sus datos utilizando múltiples servidores para almacenar los archivos. Esta función se conocida como GridFS y es más bien una implementación en los drivers, no en el servidor.
- Agregación: Esta base de datos No SQL posee un framework de agregación mediante el cual se pueden realizar operaciones similares a las que obtendríamos con el comando de SQL "GROUP BY". El framework de agregación está construido como un pipeline en el que los datos van pasando a través de diferentes etapas en los cuales estos datos son modificados, agregados, filtrados y formateados hasta obtener el resultado deseado.
- Ejecución de JavaScript del lado del servidor: MongoDB será capaz de realizar utilizando JavaScript, y logra que estas se envíen directamente a la base de datos para ser ejecutadas.

2.17 APACHE KAFKA

Apache Kafka es una herramienta excelente para comunicar streams de información a alta velocidad los cuales deben ser gestionadas por uno o varias aplicaciones, lo que lo convierte en un sistema de intermediación de mensajes muy rápido en lecturas y escrituras.

Será una excelente herramienta compatible en la creación de consumidores y productores por medio de lenguajes como C+.

Facilitará un servicio de mensajería basado en un registro de confirmación distribuido, que permitirá la creación de corrientes de registros de datos para publicar y suscribir datos.

Este proyecto es de código abierto y ha sido desarrollado por Apache Software Fundation y posee las siguientes características:

- Funcionará como servicio de mensajería.
- Existen los brokers que son los procesos que publican mientras que los subscriptores son los consumidores de los topics.
- Utiliza su propio protocolo basado en TCP y Apache Zookeeper.
- Los productores y consumidores se pueden programar en gran opción de lenguajes, entre estos C+, Ruby, Java, Phyton, etc.
- Es escalable y tolerante a fallos. Puede verse como una cola de mensajes, bajo el patrón publicación-suscripción, masivamente escalable concebida como un registro de transacciones distribuidas, la que la vuelve atractiva para las infraestructuras de aplicaciones empresariales.

Existen varias plataformas como como Burrow de Linkedin, y plataformas de pago como Datadog, de código abierto, que facilitan el seguimiento del desempeño de Kafka.

2.18 RABBITMQ

Sin dejar a un lado la comunicación entre los diversos componentes, es necesario un software que administre los mensajes, puertos y enrutamiento de mensajes, para evitar complicaciones y mejor funcionamiento de las colas.

Dentro de la informática, RabbitMQ es un software de negociación de mensajes de código abierto, y entra dentro de la categoría de middleware de mensajería. Implementa el estándar Advanced Message Queuing Protocol (AMQP).

Es también un broken de mensajería o gestor de colas, el software gestiona líneas de mensajes en las cuales se conectarán los servicios y aplicaciones para intercambiar mensajes entre ellos. [16]

Para definir conceptos, los emisores son aplicaciones llamadas "productoras" que crean los mensajes y lo envían a la cola de mensajes (RabbitMQ), los receptores o aplicaciones "consumidoras" se conectan a este flujo de mensajes y se suscriben a recibirlos.

El mismo Software puede tener el título de productor, consumidor o los dos a la vez, los mensajes colocados en la cola tienen una permanencia hasta que un consumidor los recupera para su procesamiento

Cuando un mensaje no se publica en una cola se envía a un Exchange, un agente de enrutamiento de mensajes que RabbitMQ los define por virtual host, enruta los mensajes a las diferentes colas con ayuda de atributos como *bindings* y *routing keys*.

- Un *binding* es un “enlace” que sirve de vínculo entre una cola y un Exchange.
- La *routing key* es el atributo de un mensaje. El enrutamiento de colas podría ser decidido por esta clave, de acuerdo al tipo de Exchange.

Flujo Estándar de Mensajes

1. Un productor publica un mensaje un Exchange.
2. El Exchange recibe el mensaje y se responsabiliza del enrutamiento del mensaje
3. El Exchange establece un *binding* entre la cola y el *Exchange*.
4. Están los mensajes navegando en la cola hasta que son recibidos por un consumidor.
5. se ejecuta el procesamiento del mensaje por el consumidor.

http://blog.bi-geek.com/rabbitmq-para-principiantes/

El proyecto RabbitMQ consta de diferentes partes:

- El servidor de intercambio RabbitMQ en sí mismo.
- Pasarelas para los protocolos HTTP, XMPP y STOMP.
- Bibliotecas de clientes para Java y el Framework .NET. (Bibliotecas similares para otros lenguajes se encuentran disponibles por parte de otros proveedores).
- El plugin Shovel (pala) que se encarga de copiar (replicar) mensajes desde un corredor de mensajes a otros

3 RESULTADOS

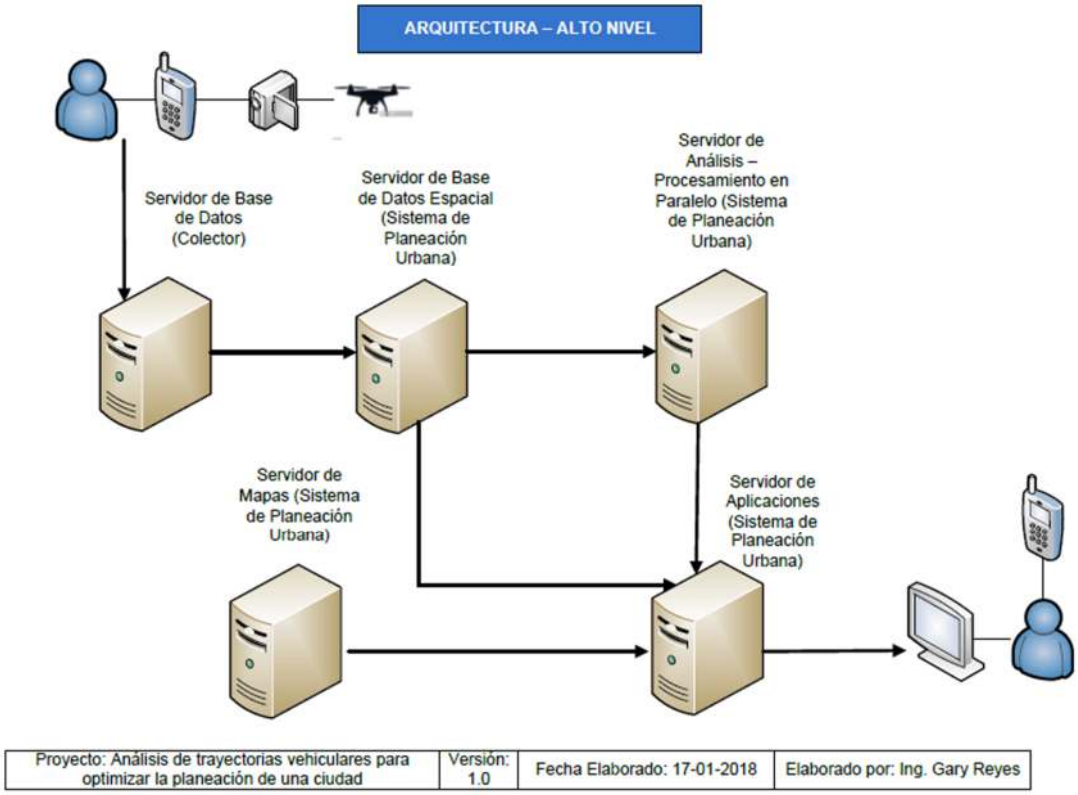


Fig. 5. Arquitectura del Software de alto nivel., Fuente: Universidad de Guayaquil

A continuación, se detallará las funciones de cada uno de los programas antes propuestos, aplicados de la imagen de alto nivel, el mismo, que contempla los pasos que mantendrá la información hasta ser presentada al usuario final.

Para comenzar se recolectará información cartográfica, GPS, Tráfico, etc. de diversas fuentes, como por ejemplo:

Celulares: Videos, Movimientos Comunes, Transito, Coordenadas GPS.

Video Cámaras de Vigilancia: en puntos donde se concentre el tránsito vehicular para obtener datos actuales de la situación vial, capacidad de autos, cantidad de autos en horas pico, etc.

Drones: Apoyara en recolección de datos con videos panorámicos.

Datos de Usuario: Información de datos de tránsito proporcionada manualmente.

Esta información la tratará un Colector de Datos, el mismo, que permitirá almacenar los videos, movimientos de tránsito, etc.; esta sección mantendrá una base de datos sin procesar.

La información pasara a un Servidor de Datos Espaciales, los mismos que, serán almacenados en forma de coordenadas.

En este punto se usará la extensión de PostGis, la misma que está basada en PostgreSQL, además, es la base de datos espacial más utilizada y de carácter gratuito en el mundo, usa estándares abiertos y características que lo hacen único.

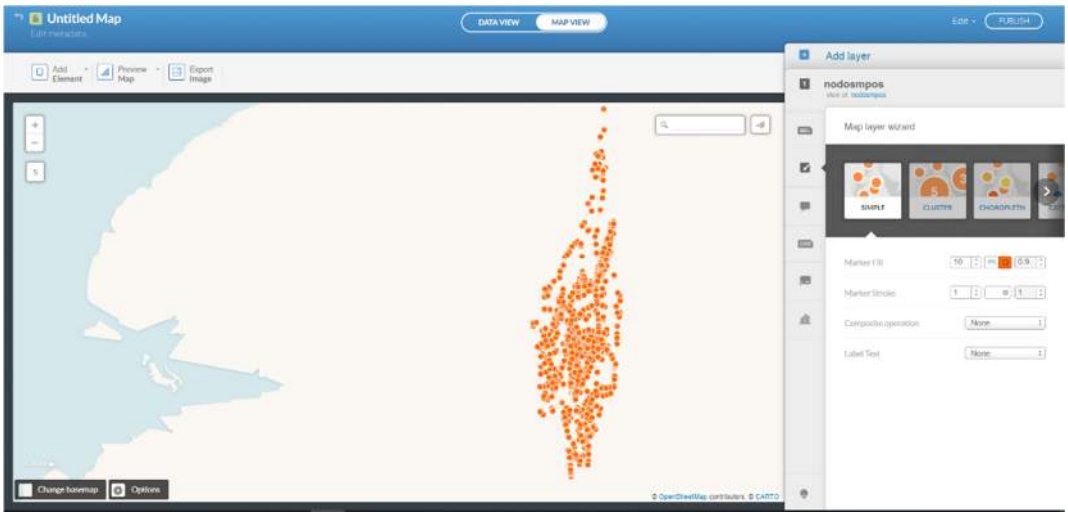


Fig. 6. Uso de CartoDB para la creación de los registros que se mostraran en el mapa. Fuente: Universidad de Guayaquil

Luego, se presentará la Base de datos espacial con el Software CartoDB, el mismo que con una cuenta Freemiun ayudara a la ubicación, agrupación y filtración de todos los datos recolectados al principio del proceso, su compatibilidad con PostgreSQL y PostGis lo hace una opción muy eficaz.

Se hará un paréntesis en este momento para detallar que en esta parte del proceso estará siendo usado AWS como un contenedor que, junto con la instalación de Docker, serán en la nube, una base adicional para el uso de CartoDB.

En este estado la información obtenida, será transferida a un Servidor de Análisis - Procesamiento en paralelo, el mismo, que usará el lenguaje R para, a partir de los datos espaciales almacenados en los servidores anteriores, mostrar resultados de análisis y procesamiento estadístico que serán la base para el modelo de vista hacia el usuario.

Los cálculos de variantes, tablas y recursos estadísticos bases serán soportados por el lenguaje R.

Un servidor de Aplicaciones será el punto de unión que soportará la carga de la lógica de negocios y la lógica de la presentación para el modelo cliente de nuestro software.

Los datos analizados por el Servidor de análisis – procesamiento en paralelo y el servidor de base de datos espacial pasarán al servidor de aplicaciones siendo estos uno más de los gestionados por el Servidor de Aplicaciones, el cual distribuirá la información hacia dos partes:

La primera, a un Servidor de Mapas (Sistema de Planeación Urbana), que contendrá diversas aplicaciones; como base estará HTML creando un entorno web junto con PHP y XAMPP (para el desarrollo), donde alojaran mapas, imágenes, videos, usuarios y todo lo relacionado al ambiente web, anexo a ello se usara OpenStreetMap que dará un mapa Web donde se ubicaran los datos obtenidos por el análisis de R por medio de CartoDB.

Y la Segunda parte se redirigirá a un aplicativo móvil (cliente) el cual será desarrollado por IONIC y Angular J, que es un IDE Hibrido para desarrollar aplicaciones en IOS y Android, junto a ellos, estarán los API's Leafet y OpenLayers que le darán un aspecto amigable a los mapas, como interactividad, no solo en la aplicación móvil sino en el entorno Web.

El uso de IONIC y Angular dará una ventaja a la hora de compilar la aplicación para varios Sistemas Operativos, claro está, que no cumple al 100% con la interpretación de lenguajes en cada caso por aquello antes de la verificación del código se tendrá que modificar funciones manualmente, sin embargo, ahorrará tiempo y esfuerzo en la exportación para los distintos ambientes.

Fig. 7. Entorno Web Usando PHP, HTML y OpenStreetMap. Fuente: Universidad de Guayaquil

Mas detalles del uso de cada una de las herramientas lo vemos en la Figura 8, donde se muestra el diagrama de arquitectura de solución de aplicación del software propuesto en primer plano desde la recolección de puntos georeferenciales utilizando cualquier aplicación o dispositivo que genere coordenadas, pasa por un proceso de interpretación para almacenarse en las base de datos y luego pueda ser consumida para su respectivo análisis.

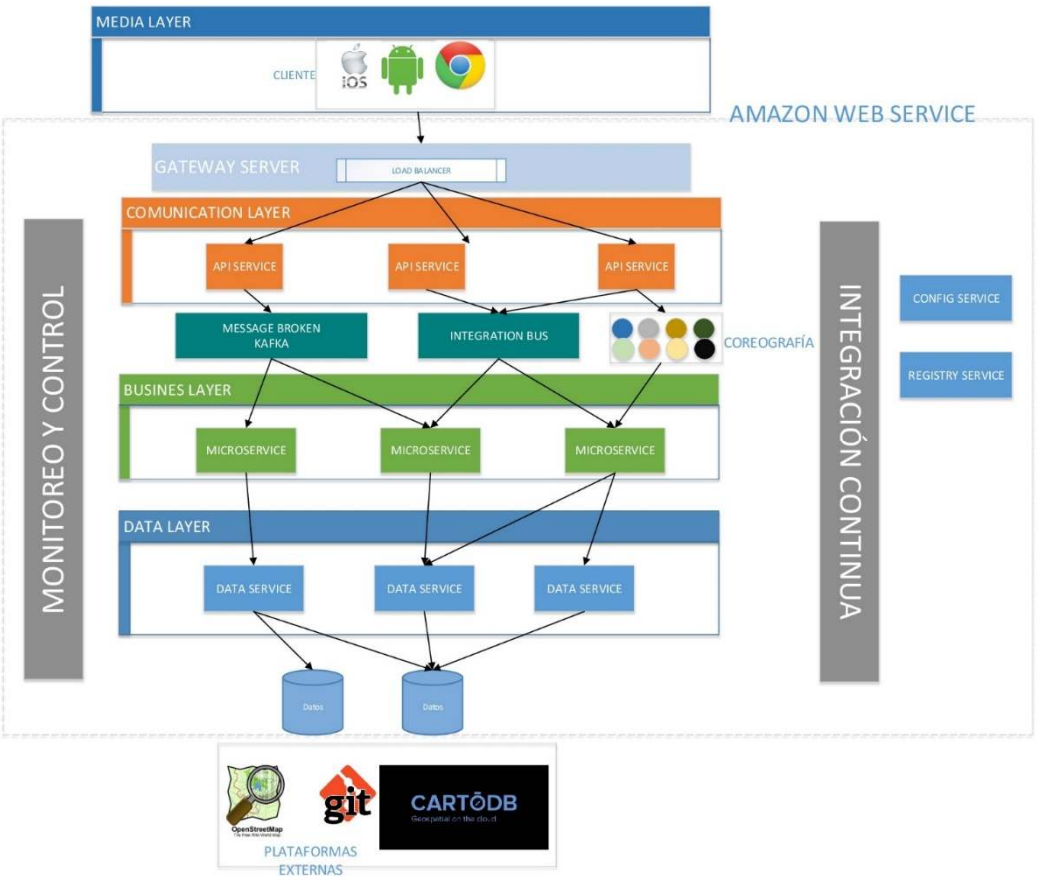


Fig. 8. Diagrama de Arquitectura de Solución de aplicación, Fuente: Universidad de Guayaquil

4 DISCUSIÓN

En nuestro entorno, la ciudad de Guayaquil, no existe un Software que proponga soluciones directas a la infraestructura urbana, en la actualidad existen soluciones que impliquen el Hardware directo en contacto con el ambiente vehicular como son los semáforos inteligentes, los mismos que, en horarios pre configurados o basados en los sensores que contienen, definen cuando permitir o contener el flujo de vehículos en avenidas muy concurridas por los transeúntes.

Ante este entorno, nuestro objetivo, es contrarrestar el problema de la congestión vehicular desde una visión más amplia; no solo se observa un punto de vista dirigido al objeto, como un auto, bus o cualquier vehículo, sino, planteando una nueva vía ante el aumento de más "consumidores de carriles" en las calles de nuestra ciudad.

Se desarrollará una solución completa, eficaz y fiable para las entidades municipales o de control urbano el cual facilitara la construcción correcta de calles y avenidas en base a parámetros reales para así obtener soluciones concretas y rentables.

5 CONCLUSIÓN

La investigación de las herramientas para el uso de elaboración de un software que ofrezca soluciones para el descongestionamiento vehicular puede concluir con lo siguiente:

- Los programas de computadora, bases de datos, API's y lenguajes de programación explicados en este artículo son los óptimos para ser usados en la elaboración de un software que ofrezca soluciones para el descongestionamiento vehicular.
- Cada uno de los programas propuestos son fáciles de entender, usar y en su mayoría gratuitos.
- La versión de las herramientas que se utilizarán serán las apropiadas para el desarrollo de la solución.
- Se Presenta una solución basado en un conjunto de herramientas útiles en el desarrollo de un software que exporte soluciones para el congestionamiento vehicular, enmarcado en un conjunto de procesos ya establecidos, en la teoría, muy viable y eficaz.

REFERENCIAS

[1] «Descubre QGIS». [En línea]. Disponible en: https://qgis.org/es/site/about/index.html. [Accedido: 11-abr-2018].
[2] «R (lenguaje de programación)», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. 16-mar-2018.
[3] «Introducción a OpenLayers: un visor de mapas javascript. | adictosaltrabajo». .
[4] «¿Qué es Leaflet?», *¿Qué es Leaflet?* .
[5] «CARTO», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. 19-mar-2018.
[6] «OpenStreetMap - Wikipedia, la enciclopedia libre». .
[7] «ES:Usando OpenStreetMap - OpenStreetMap Wiki».
[En línea]. Disponible en: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/ES:Usando_OpenStreetMap. [Accedido: 13-abr-2018].
[8] «TutorialPython2.pdf». .
[9] «1. Abriendo el apetito». [En línea]. Disponible en: http://pyspanishdoc.sourceforge.net/tut/node3.html. [Accedido: 13-abr-2018].
[10] «¿Qué es AWS? – Amazon Web Services», *Amazon Web Services, Inc.*
[En línea]. Disponible en: https://aws.amazon.com/es/what-is-aws/. [Accedido: 13-abr-2018].
[11] «Amazon Web Services (AWS) : ¿qué es y qué ofrece?», *TIC Portal*. .
[12] DesarrolloWeb.com, «Qué es Ionic 2», *DesarrolloWeb.com*.
[En línea]. Disponible en: http://www.desarrolloweb.com/articulos/que-es-ionic2.html. [Accedido: 13-abr-2018].
[13] «AngularJS», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. 22-dic-2017.
[14] «AngularJS: Lo bueno y lo malo | Koalite».
[En línea]. Disponible en: http://blog.koalite.com/2013/06/angularjs-lo-bueno-y-lo-malo/. [Accedido: 08-may-2018].
[15] «MongoDB», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. 14-mar-2018.
[16] «RabbitMQ», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. 05-dic-2015.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1440-1455
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Parámetros que influyen en el congestionamiento vehicular

[Parameters influencing in the vehicular overcrowding]

Jimmy Sornoza Moreira, Christopher Crespo León, Gary Reyes Zambrano, and Cortez Mercado Julio Joel

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

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

ABSTRACT: In the following article, we seek to analyze parameters that have an impact on vehicular congestion, such as density, speed and intensity, which allow finding certain indicators that may be related to problems raised on roads or avenues, such as: traffic slowness due to failure in synchronization of the traffic lights, the inconveniences caused during peak hours, etc. Using, information collected from media communication (newspaper), and data displayed by INEC, an analysis will be carried out applying formulas related to the mentioned parameters with certain characteristics found in transit, at a national level, including the most important cities how are Quito and Guayaquil.

KEYWORDS: indicators, velocity, intensity, transit, peak hours, parameters.

RESUMEN: En el siguiente artículo, se busca analizar parámetros que tienen incidencia en la congestión vehicular, como son densidad, velocidad e intensidad, los cuales permiten encontrar ciertos indicadores que pueden ser relacionados a problemas suscitados en las carreteras o avenidas, como: lentitud de tránsito por falla en sincronización de la semaforización, los inconvenientes provocados en horas pico, etc. Usando, información recolectada de medios comunicación (periódico), y datos mostrados por parte de INEC, se llevara a cabo un análisis aplicando formulas relacionadas a los parámetros mencionados con ciertas características encontradas en el tránsito, a nivel nacional, incluyendo las ciudades más importantes como son Quito y Guayaquil.

PALABRAS-CLAVES: Indicadores, velocidad, intensidad, tránsito, horas pico, parámetros.

INTRODUCCIÓN

En actualidad, la creciente demanda en la adquisición de automóviles, independientemente en el modo en la cual el usuario prefiera utilizar, sea como parte de su actividad laboral o simple comodidad, fluctúa a un desnivel en el tránsito vehicular, provocando grandes problemas de congestionamiento, un tema que a muchos países preocupa sean estos desarrollados o en vías de desarrollo.

Con esta problemática, los encargados de la gestión en control y seguridad vial, deben rectificar acciones para mantener control en el tránsito, de manera que no existan inconvenientes desmesurados, o que no posean una solución factible a corto plazo como largo plazo.

En el flujo de tránsito vehicular, la causa principal de congestión es interferencia entre vehículos. Cabe destacar, que los límites de velocidad, el asiduo de intersecciones, entre otros factores, inciden a que el vehículo se encuentre condicionado, a que no circular de forma libre [1].

Corresponding Author: Jimmy Sornoza Moreira

Esta definición, mas técnica, demuestra que la congestión es generada por problemas de espacio de los mismos vehículos que circulan sobre alguna calle o avenida, asumiendo que las causas provocantes, se encontrarían inmersos en ciertos indicadores, mencionando las más relevantes podrían ser, la velocidad entre los automóviles, el ancho de la vía, la semaforización, la distribución del sentido del tránsito en las calles, entre otras.

Sin embargo, otro aspecto a considerar es el auge de las ventas de automóviles, es decir, la demanda de los usuarios por la adquisición de un automotor se hace de vital importancia, a partir de 2 posibles premisas: Minimizar el presupuesto destinado al transporte, y la expansión de las concesionarias a nivel local, como internacional.

El objetivo principal de esta investigación es demostrar cómo algunos parámetros fundamentales dentro de la ingeniería del tráfico son influyentes a un posible congestionamiento vehicular y conocer el impacto que producen en alguna ciudad o país.

La ingeniería del tráfico es una rama que mantiene el objetivo de la planeación y explotación de la distribución vial, tanto así que permita mejorar la circulación de los vehículos y de las personas de manera segura y rápida [2].

Causas de la congestión

Existen características del transporte urbano que provocan congestión, entre las cuales se pueden mencionar:

- La demanda de transporte es “derivada” no el siempre viajar es producto de un deseo por desplazarse, obedecen a querer llegar algún sitio en donde se realicen actividades cotidianas (trabajo, estudio, compra).
- La demanda del transporte es variable, en los cuales hay puntos que se concentran diversos viajes, a partir de querer aprovechar las horas del día para realizar actividades.
- Las características más solicitadas por el usuario, la seguridad, comodidad, confiabilidad, ejercen presión a un uso excesivo del espacio vial.

Ante lo anteriormente expuesto, una de los grandes secuelas es la contaminación [3].

PARÁMETRO

A continuación, se presentará una breve descripción de los parámetros con diferentes variables:

La intensidad se considera al número de vehículos que transitan en un tramo o sección determinada en un periodo de tiempo. Las variables asociadas serán la composición del tráfico, la intensidad horaria y diaria, intensidad media diaria anual y el volumen de tráfico.

El concepto de intensidad tiene una asociación con el de volumen el cual se define como el número total de vehículos que cruzan una sección fija de avenida durante un tiempo conocido.

La composición del tráfico

La intensidad horaria medida en una hora en donde se presentan las condiciones de mayor circulación. Es utilizada para determinar capacidad de las vías, características de las intersecciones y enlaces, coordinación de semáforos y ordenación de la circulación.

Intensidad diaria es el número de vehículos que transitan en un punto determinado en un día.

Intensidad media diaria anual representa el número total de vehículos que han pasado durante un año en una sección de la carretera. Es utilizada para clasificación vías, índices de accidentes, programas de mejora, tendencias en el uso de vías.

La velocidad es un parámetro que relaciona la distancia que recorre un vehículo, con su tiempo usado en recorrerlo.

Velocidad local instantánea es la velocidad de un vehículo en atravesar una sección de una vía.

Velocidad de recorrido es la distancia recorrida en un tramo y el tiempo que transcurre desde el inicio del viaje hasta llegar a su destino, en donde se incluye detenciones, o retrasos en el tráfico [4].

La densidad, se define como la cantidad de vehículos existentes en una en un tramo o longitud de carretera o calle en un instante de tiempo.

Estacionamiento se considera a la distancia comprendida entre las partes frontales de un vehículo y al que le continúa por el mismo carril en un instante de tiempo.

Intervalo es el tiempo transcurrido entre el paso de dos vehículos por un mismo tramo.

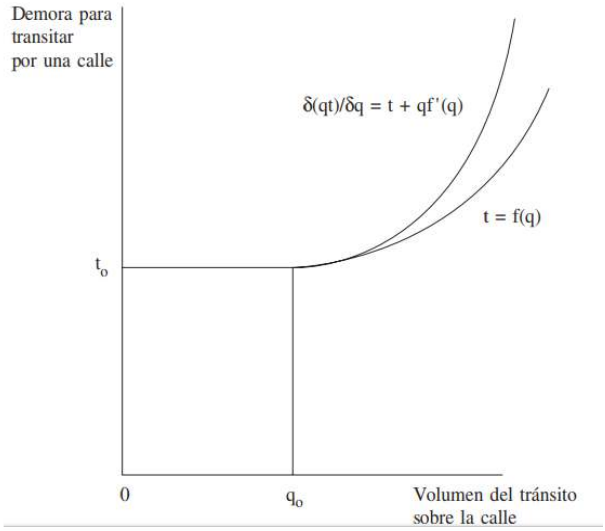


Fig. 1. Representación esquemática del concepto de la congestión de transito

En la figura 1, por la función *t=f(q),* se muestra diferentes volúmenes de tránsito (q) y el tiempo adecuado para circular por una calle*(t).* Se identifica otra curva, que es la derivada de la función anterior, *δ(qt)/ δq = t + qf '(q).* Existe una diferencia entre ambas curvas, en la cual se determina que a distinto volumen de tránsito, la inclusión de un nuevo vehículo, provoca un incremento del tiempo de viaje en la circulación de los demás. Cuando las funciones divergen, encontrando δ(qt)/δq por arriba de t, manifiesta que el ingreso de un vehículo, registra su propia de demora, pero al mismo tiempo incrementa la demora de los demás vehículos que se encuentran en circulación. En definitiva, el usuario conoce la parte de congestión que genera por mismo, y la otra parte recae en el resto de vehículos, involucrados en el flujo.

INDICADORES

Un indicador permite entender y esclarecer un concepto, a partir de que genere algo para medir. En otras palabras, ayudan a despejar dudas y aclarar características de algún hecho. Los indicadores se utilizan en diversos contextos, como la planificación, monitoreo y evaluación) y en áreas funcionales como (finanzas e infraestructura). [5]

Según una investigación, existe una lista de indicadores internacionales tránsito, transporte terrestre y seguridad vial (ITTSV) de la región latino-Americana.

Tabla 1. Lista de indicadores internacionales tránsito, transporte terrestre y seguridad vial (ITTSV) de la región latino Americana

Tipo de indicador	Indicador	País	Producción del dato en Ecuador
Producto	Longitud de la red vial por región.	Chile	MTOP, GAD.
	Composición de la red vial (material de las vías).	Chile	MTOP, GAD.
	Longitud de dobles calzadas.	Chile	MTOP
	Longitud de la red de caminos nacionales, regionales principales, regionales comunales y regionales de acceso.	Chile	MTOP, GAD.
	Número y estado de túneles, ciclo vías y pasarelas.	Chile	
	Kilómetros construidos de carretera según la superficie de rodamiento.	México	MTOP, GAD.
	Empresas y personas naturales formalizadas en labores de carga a nivel de departamento según clase de vehículo.	Perú	ANT
	Kilómetros de vías pavimentadas y no pavimentadas.	Perú	
	Intervenciones conformes y no conformes en el tiempo, así como su cumplimiento.	Perú	
Resultado	Número de vehículos formales (con placa) por grandes regiones unidades de federación y tipos de vehículo (automóvil, camión, camioneta, motocicleta, motoneta y otros)	Brasil	ANT
	Número de empleados de firmas de carga y correo.	Brasil	CDE E.P.
	Número de vehículos en circulación por (transporte particular, transporte colectivo, transporte de carga y otros vehículos).	Chile	ANT
	Límite de velocidad por país.	EEUU	LOTTTSV
	Accidentes de tránsito.	EEUU	Policía Nacional del Ecuador
	Matrices origen destino de la carga por carretera y por tipo de carga (Toneladas transportadas).	México	
	Número de pasajeros arribados y Número de buses arribados a cada destino.	México	GAD
	Tránsito que pasa por cada peaje agregado a nivel departamental, por tipo de vehículo.	Perú	MTOP
	Edad del parque automotor.	Perú	
	Número de vehículos destinados al transporte de pasajeros	Perú	ANT
	Número de pasajeros según su origen y destino (nacional, internacional) por zonas del país (norte, sur, centro, Lima).	Perú	
	Número de asientos de vehículo de transporte de pasajeros	Perú	GAD
	Licencias de conducción por tipo de licencia (nuevas, canjes, revalidación, re categorización y re carnetización)	Perú	
	"National Highway Construction Index" (NHCI) que es un índice cue sigue las variables que afectan los costos de construcción de autopistas.	EEUU	MTOP
	"Local Goverment Transportation Construction Value" donde se contabiliza únicamente la inversión efectiva en nuevas carreteras.	EEUU	MTOP
	Muertes en autopistas	EEUU	Policía Nacional del Ecuador
	Gastos en transporte como porcentaje del ingreso del hogar	Colombia	
	Tiempo de recorrido al trabajo	Colombia	
	Costo de transporte como porcentaje del ingreso de las ventas	Colombia	
	Inventarios como porcentaje de los costos	Colombia	
Insumo	Para cada modo: Cifras en millones de dólares sobre la ejecución y terminación de proyectos de infraestructura entregados en concesión.	Perú	GAD
	Inversión en vías	Colombia	MTOP, GAD.
	Inversión en obras civiles viales	Colombia	MTOP, GAD.
	Inversión en transporte urbano	Colombia	

FUENTE: DANE.

RESULTADOS

Para este apartado, se utilizara los datos emitidos por la INEC (Instituto Nacional De Estadísticas Y Censos) los cuales permiten conocer información valiosa sobre los vehículos, en aspectos como su ubicación geográfica, según su clase, según el uso, capacidad de carga y pasajeros, según servicio. Además, otra fuente de datos serán publicaciones de periódicos. Con respecto a la obtención de resultados para el análisis, se logrará, a partir del uso de las fórmulas de las variables mencionadas en los parámetros de intensidad, velocidad, y volumen.

Con respecto a los indicadores, como fuente de datos, se utilizaran los emitidos por instituciones, tales como el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Publicas), y el GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado).

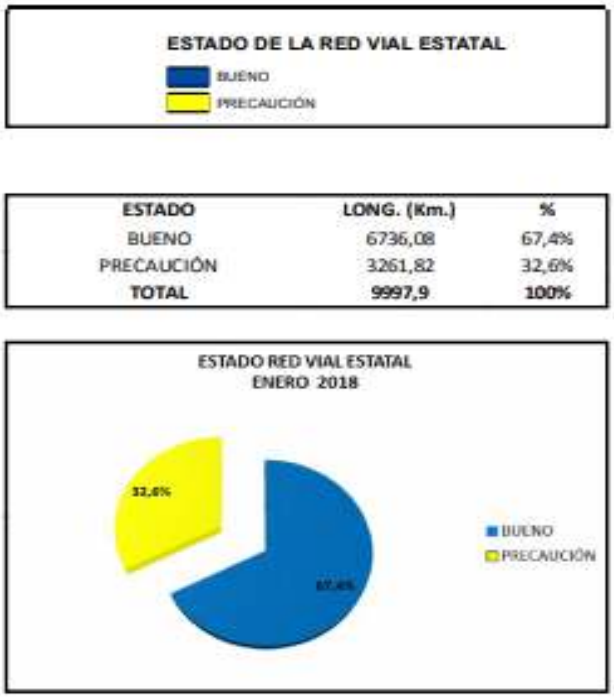


Fig. 2. Estado de las carreteras en Ecuador.

Para determinar el estado de las vías se evaluó a partir de una subdivisión del Ecuador, en 7 zonales, en donde por cada zonal se encuentran organizadas algunas provincias, y se identifica como datos principales, el nombre la carretera, la longitud por carretera, y el total combinados de km que poseen cada zonal. De esta forma, se obtuvo que un 67.4 % de las vías, se encuentran en un buen estado, sosteniendo que el transito no será impedido por deficiencias en la carretera, probablemente sea por motivos, de peajes, o alguna intervención estrictamente definida en las leyes de tránsito.

Cabe destacar, que existe un 32,6 % de vías en precaución, implicando tener un grado de atención mayor por parte de las autoridades, puesto que tiene 2 consecuencias: la primera, podría ser causante de accidentes de tránsito en las vías, y la segunda, al encontrarse un desperfecto en las carreteras, produce un incremento en la congestión vehicular, existiendo demoras, atascamientos, a partir de que el conductor disminuirá la velocidad teniendo en cuenta los puntos en donde se la vía este muy afectada.

Con respecto a los accidentes de tránsito en Ecuador, en 2016, se suscitaron un total de 241 provocados por el mal estado de las vías, que representan un 0.99% de la cantidad total de 30269 accidentes, es decir, no tienen una incidencia tan alta en las estadísticas anules.

CUADRO No.- 19
ACCIDENTES DE TRÁNSITO
NÚMERO DE ACCIDENTES POR MESES, SEGÚN CAUSAS

CAUSAS DEL ACCIDENTE	TOTAL	MESES											
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
TOTAL	**30.269**	**3.044**	**2.679**	**2.513**	**2.453**	**2.425**	**2.359**	**2.559**	**2.396**	**2.165**	**2.451**	**2.399**	**2.826**
EMBRIAGUEZ O DROGA	2.164	191	188	147	173	186	174	203	148	166	173	176	239
MAL REBASAMIENTO INVADIR CARRIL	2.268	263	221	193	193	180	132	157	150	162	198	192	227
EXCESO VELOCIDAD	3.755	408	314	262	289	287	295	311	307	310	349	266	357
IMPERICIA E IMPRUDENCIA DEL CONDUCTOR	15.709	1.528	1.412	1.397	1.310	1.240	1.250	1.299	1.308	1.133	1.247	1.234	1.351
IMPRUDENCIA DEL PEATÓN	1.173	127	119	84	94	100	87	87	82	77	102	95	119
DAÑOS MECÁNICOS	229	30	17	21	18	16	14	21	20	11	17	22	22
NO RESPETA LAS SEÑALES DE TRÁNSITO	4.054	393	320	316	281	321	355	419	338	233	302	344	432
FACTORES CLIMÁTICOS	174	31	17	21	33	19	13	8	6	1	4	9	12
MAL ESTADO DE LA VÍA	241	21	13	19	23	33	9	24	11	30	17	17	24
OTRAS CAUSAS	502	52	58	53	39	43	30	30	26	42	42	44	43

Elaboración: Instituto Nacional de Estadística y Censos
Fuente: Agencia Nacional de Tránsito-2016

Fig. 3. Número de accidentes por meses, según causas.

LA INTENSIDAD

La composición del tráfico.

Total nacional: 2’056.213 vehículos.

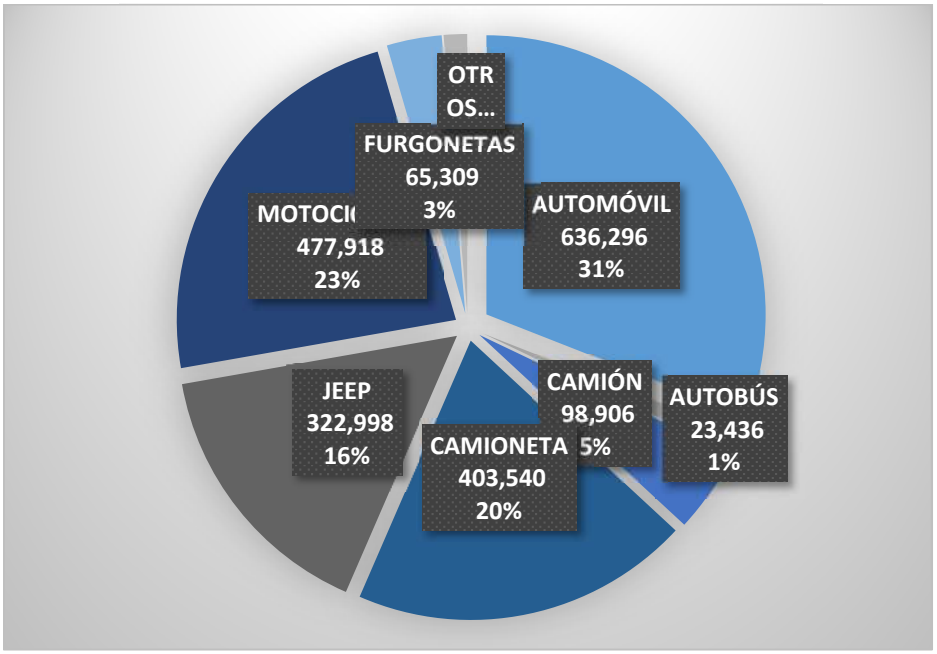


Fig. 4. Vehiculos matriculados según su clase, a nivel nacional.

Nota: *en la categoria “otros”, se encuentran agrupados: tanquero, trailer volvetas y otros no clasificados. En furgonetas estan agrupados: furgonetas de carga y furgonetas de pasajeros.*

Con el problema de la congestion vehicular, la composicion del trafico eventue cambios en algunos datos en particular 2 grupos tienen entornos completamente distintos. Los automoviles por un lado, se encuentran en auge la cantidad de ventas anuelas, considerando su crecimiento exponencial. Por otra parte, estan los autobuses, que en algunas ciudades, especificamente Quito y Guayaquil, se han visto en la decisión de dejar fuera de circulacion algunas unidades, por motivo de la llegada del transporte masivo (ecovia, metrovia respectivamente), evidenciandose incluso en sus valores porcentuales teniendo 1% de autobuses en relacion al 31% de automoviles.

Tabla 2. Fórmulas del cálculo de volumen de transido y de intensidad.

Volumen de transito	**Velocidad de Recorrido**	**Intensidad**
Q= N/T en donde, Q= Vehículos que pasan por periodo de tiempo (vehículos/periodos) N= cantidad total de vehículos que pasan. T= periodo de tiempo	Vr = Dr/Tt en donde, Dr = distancia recorrida en un tramo Tt = tiempo total invertido en recorrerla	I = n(x) / t en donde, t= intervalo temporal nº de vehículos que cruzan la sección fija (x) - se pueden utilizar como intensidad horaria (vehículos/horas) e intensidad diaria (vehículos/días)

VOLUMEN DE TRÁFICO E INTENSIDAD HORARIA

Tabla 3. Resultado del cálculo de volumen e intensidad de tránsito

Periodo	**Nombre de la avenida**	**Cantidad de vehículos que transitan**	**Volumen (V)**	**Intensidad horaria (V/H)**
07H00 – 07H15	Pedro Menéndez Gilbert	130.000	1354,05	5416,2
07H00 – 07H15	De las Américas	122.000	1270,83	5083,32
07H00 – 07H15	Francisco de Orellana	80.000	833,33	3333,33
07H00 – 07H15	Quito	60.000	625	2500
07H00 – 07H15	Machala	60000	625	2500

Los cálculos mantienen un mismo intervalo de tiempo (15min = ¼ hora) que resultan ser los momentos en donde el congestionamiento se encuentra en una supuesta “etapa inicial”, puesto que en algunas ciudades en Ecuador las “horas picos” están comprendidas entre las 7:00 y las 9:00 así como también desde las 17:00 hasta 19:00.

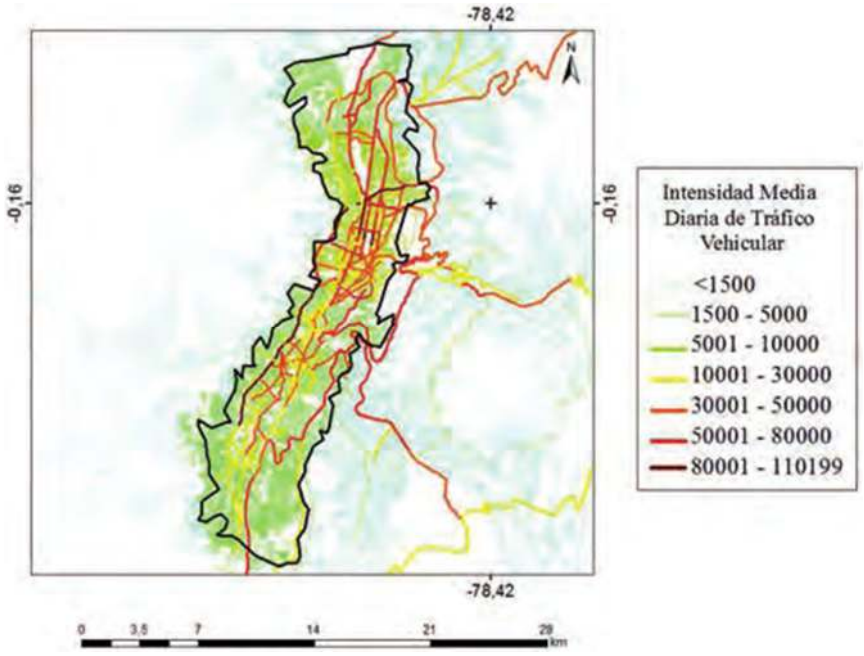


Fig. 5. Mapa de la intensidad media diaria de tráfico vehicular del Distrito Metropolitano de Quito. Año 2013.

En el figura se demuestra, se asignación de un valor de intensidad de tráfico, a partir a 335 segmentos de vía, relacionados a un punto de conteo. En base, a la elaboración de un procesamiento geográfico, se determina que las vías que no tienen registros de tráfico, representan un 15 % de la red principal. En el año 2013, por administración se distribuye un total de vehículos de aproximadamente 570 282, considerando la tasa de motorización, que es el número de vehículos por cada 100 habitantes [6].

En realidad, en Quito los problemas relacionados a la congestión y contaminación, es un tema que viene desde años atrás, esto, a partir del mal estado en las vías, y el factor humano, es decir, la mala conducción y aplicación de reglas de transito por parte de los ciudadanos. Se ha buscado diversas soluciones por parte del municipio a la saturación de las vías, como por mencionar nuevas vías, ampliación de carriles, esto como medida de ayudar a una mejor movilidad y tránsito vehicular.

Tabla 4. Número de viajes en los diferentes modos de transporte proyectados al 2011

Motorizado	Transporte Público[6]	2.800.000	72,7%
	Transporte Privado[7]	1.050.000	27,3%
		3.850.000	100%

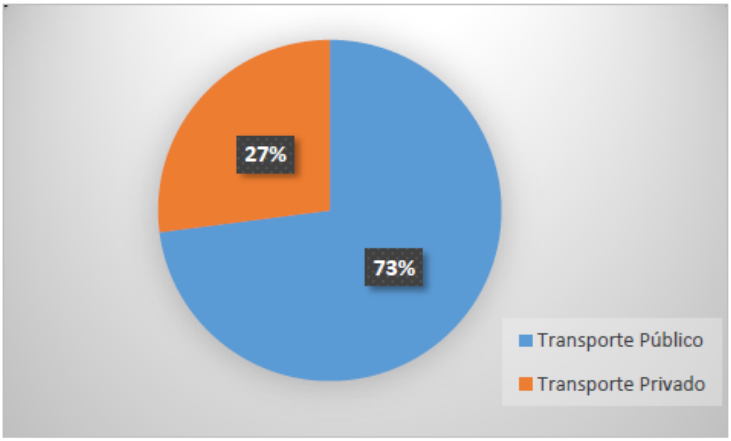


Fig. 6. Distribución modal de viajes desglosada por modos de transporte – 2014

La mayor parte de equipamentos urbanos privados y públicos, se encuentra en la zona del Hipercentro de quito, además de fuentes de trabajo, generando la mayor atracción de viajes.

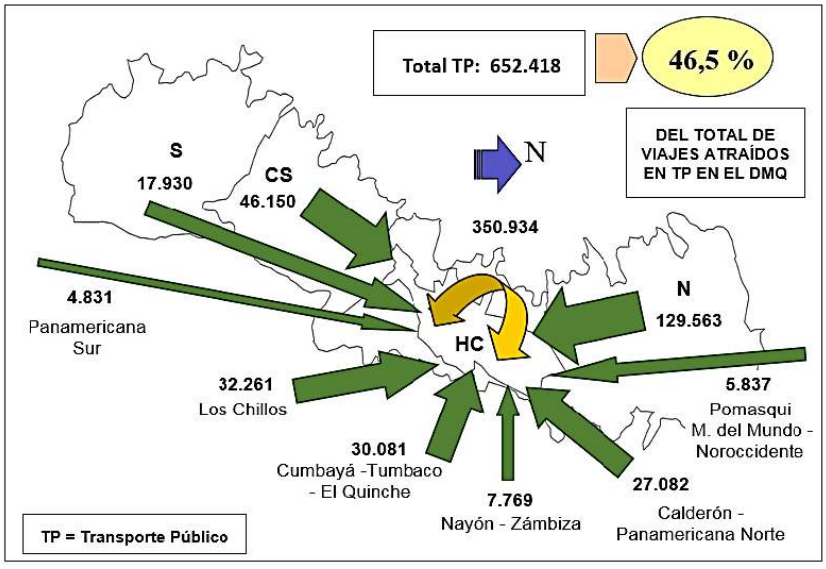


Fig. 7. Número de viajes por día atraídos en transporte público– 2014

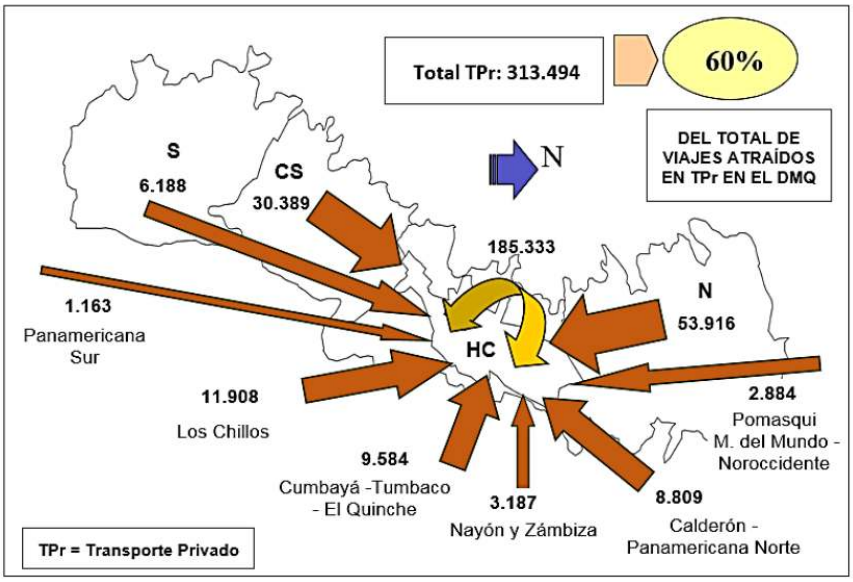


Fig. 8. Número de viajes por día atraídos en transporte privado – 2014

Pico y Placa en Quito

En la ciudad de Quito, se ha implementado el sistema pico y placa, el cual funciona de acuerdo al último digito de la placa, y la coincidencia del mismo con un día de la semana, se limita la salida de un vehículo por seis horas. Este proyecto se generó, por la gran cantidad de automotores en circulación, que eventualmente provocaba una gran congestión en varias avenidas principales.

Fig. 9. Pico y placa en Quito, restricción en circulación y límites de velocidad.

La medida del pico y placa en Quito se encuentra comprendida dentro de los límites de referencia ilustrados en la figura 7:

Por el occidente: Av. Mariscal Sucre, entre Av. Morán Valverde y Av. Manuel Córdova Galarza (tramo vial con restricción); Av. Mariscal Sucre entre Av. Manuel Córdova Galarza y Av. Diego Vásquez de Cepeda (tramo sin restricción).

Por el norte: Av. Diego Vásquez de Cepeda, entre Av. Galo Plaza y Av. Manuel Córdova Galarza (tramo vial sin restricción); y, Panamericana Norte, entre la Av. Simón Bolívar y Av. Galo Plaza (tramo vial sin restricción).

Por el oriente: Av. Simón Bolívar (tramo vial sin restricción).

Por el sur: Av. Morán Valverde, entre Av. Simón Bolívar y Av. Mariscal Sucre (vía sin restricción)[7].

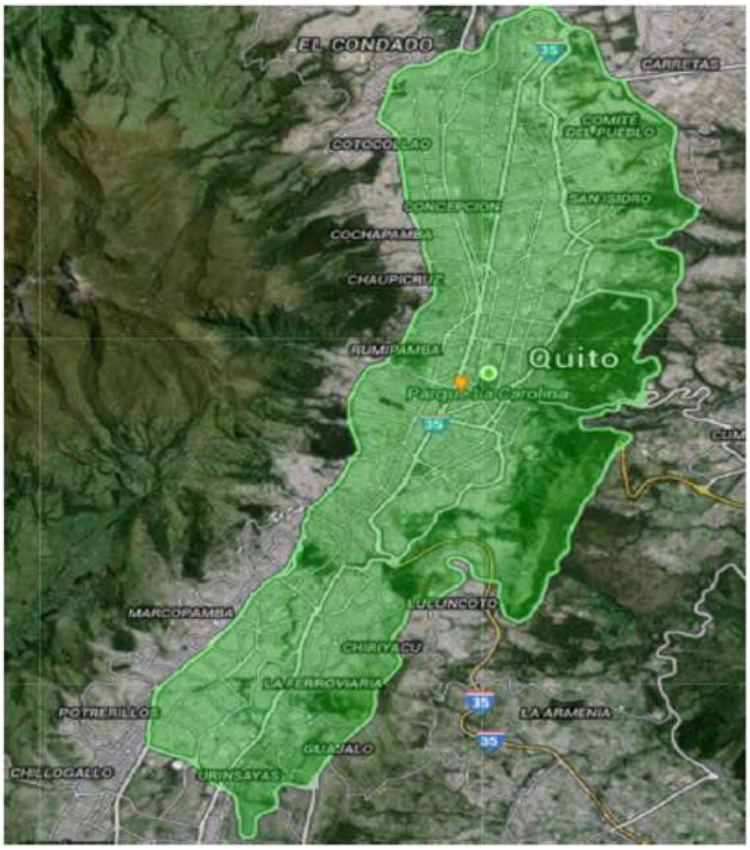


Fig. 10. Delimitación de la zona pico y placa en Distrito Metropolitano de Quito

PLAN DE MOVILIDAD

DEMANDA

En el distrito de metropolitano de quito en el año 2014, aproximadamente se realizan 2’8000000 viajes en el transporte público. Los subsistemas tienen distribuidos diferentes viajes, que forman parte de la oferta de transporte, en la que destacan las rutas de buses convencionales con una cobertura de 63.5% de participación, sin considerar los buses integrados BRT, que utiliza buses convencionales, y tiene una participación de 7.9%, implicando sostener deficiencias en la circulación del tráfico y en especial en la red vial principal.

Los subsistemas integrados BRT, corresponde a un 21.8% de la demanda total del distrito metropolitano de quito, la diferencia un 61.4% de los subsistemas de rutas convencionales. Los servicios de transporte escolar e institucional atienden al resto de la demanda, indistintamente sea un transporte privado, pero también es agrupado en este modo de transporte.

Subsistema de TP	Viajes/día	%
Rutas Convencionales	1.720.000	61,4%
Troncales BRT - Corredores	400.000	14,3%
Rutas Alimentadores BRT - Corredores	210.000	7,5%
Buses Escolares e Institucionales	420.000	15,0%
Servicios informales (busetas, camionetas)	50.000	1,8%
Totales	2.800.000	100,0%

Fig. 11. Distribución modal de viajes en los diferentes subsistemas de transporte público (TP) proyectados al 2014

OFERTA

Los viajes del transporte público se cubren con o son atendidos por un cantidad de 3131 unidades (buses "tipo", articulados, trolebuses y minibuses), que se encuentras distribuidos en 60 operadoras (59 privadas y 1 municipal). Los buses convencionales son el 90% y los buses articulados, trolebuses son un 10%, del total de medio de transporte que opera en los corredores BRT.

En los últimos 10 años, el transporte público con respecto al número de unidades de buses no ha presentado cambios. Durante ese lapso de tiempo, en el Corredor Central Norte, se han sustituido los buses convencionales con buses incorporados, además causo la disminución de 257 unidades. Sin embargo, en casos particulares se incrementó la flota:

80 buses articulados para el Municipicio del distrito metropolitano de quito, para los para los Corredores Nororiental (Ecovía) y Sur Oriental.

16 minibuses para la ruta interparroquial (Floresta-Cumbaya)

36 minibuses para las 4 rutas interparroquiales 2 en calderón y 2 en cumbaya-tumbaco

Tipo de Unidad	Unidades	Servicios	%
Subsistema Convencional			
Buses Convencionales	1.542	Urbanos	61%
	379*	Inter e Intraparroquiales	
	1.921		
Subsistema BRT - Corredores Metrobús-Q			
Buses Alimentadores	70	Central-Trolebús	29%
	130	Sur Oriental-Ecovía	
	400	Central Norte	
	301**	Sur Occidental	
	901		
Trolebuses y Buses articulados	113	Central-Trolebús	10%
	122	Sur Oriental-Ecovía	
	74	Central Norte	
	309		
Total	**3.131**		**100%**

Fig. 12. Distribución de la oferta de transporte público sin transporte escolar - 2014

CALIDAD EL SERVICIO

Con respecto, a la calidad del servicio, las rutas convencionales, el 50 %, incumple con los horaros establecidos. En el aspecto de la comodidad, la oferta de transporte el 80% tiene una oscilación promedio de 8% en las horas pico, superando el límite admisible de 6 por m^2, deficiencias que permanente son presenciadas por usuarios cautivos y apartan a los usuarios de los vehículos privados de usar el transporte público.

En los corredores integrados BRT, presenta la misma situación, específicamente en las troncales, los usuarios deben esperar hasta 4 articulados para poder trasladarse. Sin embargo, la velocidad de circulación es buena, pero a nivel de capacidad existen

los inconveniente, misma situación se suscita en las rutas alimentadoras, provocando una disminución en su calidad, y que los usuarios desistan del uso.

Las condiciones del servicio en el subsistema de rutas convencionales son similares con la mayoría de las rutas, en especial las que atienden a los barrios en las periferias, la frecuencia y horario de operación es limitado, al igual que su cobertura. A tal situación, para solventar necesidades de los habitantes de dicho lugar, se opta por un transporte informal.

El marco regulatorio de transporte público, es una de las cusas principales que produce esta situación, debido a que no se ha podido instaurar procedimientos que ayuden a incrementar la oferta en base a la demanda. La poca ampliación de servicios en transporte, ha ocasionado que aparezcan el transporte informal, el mismo que desde hace años se encuentra en circulación, pero su prestación esta fuera de las normativas, en relación a características físicas y técnicas. Cabe agregar, que el aspecto tarifario de las rutas informales se encuentra hasta en un 400% por encima de lo autorizado, en cantidades monetarias, de $0.25 a $1.00, además de poseer un nicho de mercado en los sectores periféricos, en donde la oferta de transporte público es muy escasa [8].

Fig. 13. El transporte informal cubre las falencias del sistema regular de movilidad

Cuando existe una excesiva cantidad de vehículos pertenecientes al transporte público, es una problemática que conlleva a acrecentar la congestión, que se denota en algunas ciudades. [9] Existen casos particulares, en relación a la cantidad de automóviles matriculados y en circulación, sea a nivel provincial. En base a información de la INEC, durante el año 2016 fue un total de 733.269 vehículos en Pichincha, con respecto a Guayas que son 481.294, significando así un 34.36% de diferencia entre ambos.

Tabla 5. Número de vehículos motorizados matriculados, por uso, según provincias.

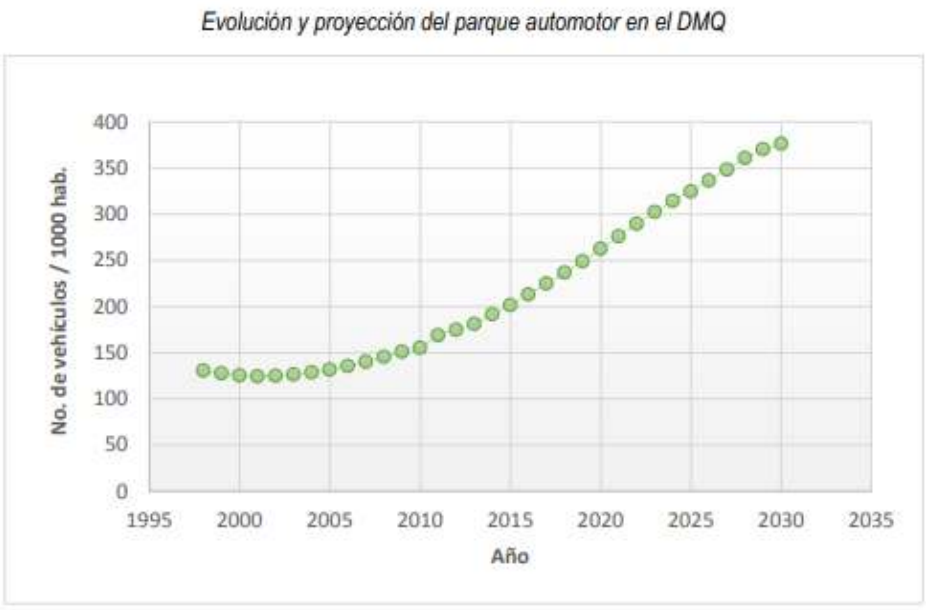
CUADRO No .-1
NÚMERO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS MATRICULADOS POR USO, SEGÚN PROVINCIAS

PROVINCIA	TOTAL	USO DEL VEHÍCULO					
		PARTICULAR	ALQUILER	ESTADO	MUNICIPIO	GOBIERNOS SECCIONALES	OTROS
TOTAL	**2.056.213**	**1.885.063**	**135.905**	**26.535**	**6.953**	**924**	**833**
AZUAY	64.254	60.123	2.865	956	271	38	1
BOLÍVAR	12.957	10.553	1.906	403	58	37	-
CAÑAR	34.251	30.740	3.011	287	176	37	-
CARCHI	16.269	13.311	2.500	383	72	3	-
COTOPAXI	36.511	32.517	3.520	396	77	-	1
CHIMBORAZO	32.960	29.167	3.135	436	188	33	1
EL ORO	83.417	75.563	7.138	550	117	49	-
ESMERALDAS	37.064	33.878	2.797	307	25	53	4
GUAYAS	481.294	460.309	17.221	3.166	513	10	75
IMBABURA	22.127	19.255	2.548	288	32	2	2
LOJA	20.791	19.171	1.153	270	160	37	-
LOS RÍOS	101.774	96.800	4.279	618	64	13	-
MANABÍ	158.157	146.528	10.197	1.126	234	71	1
MORONA SANTIAGO	9.419	7.723	1.101	356	201	38	-
NAPO	6.643	5.285	954	258	115	31	-
PASTAZA	8.398	6.756	1.159	305	118	60	-
PICHINCHA	733.269	664.381	51.418	12.743	3.752	232	743
TUNGURAHUA	86.469	76.720	8.559	813	349	23	5
ZAMORA CHINCHIPE	5.414	3.992	1.010	287	104	21	-
GALÁPAGOS	1.256	876	301	74	5	-	-
SUCUMBÍOS	25.807	22.545	2.105	865	201	91	-
ORELLANA	14.547	11.759	2.155	523	75	35	-
SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS	39.769	36.136	2.819	785	25	4	-
SANTA ELENA	23.396	20.975	2.054	340	21	6	-

Elaboración: Instituto Nacional de Estadística y Censos
Fuente: Agencia Nacional de Tránsito-2016

Nota: La distribución geográfica de las provincias de este cuadro se registra en función del lugar de residencia del propietario del automotor.

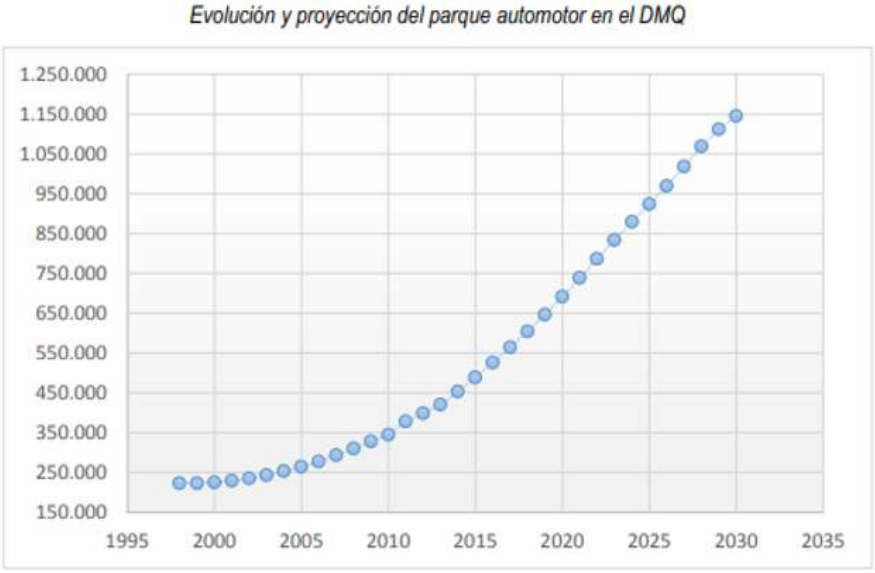
Uno de los problemas que atrevisa la ciudad de Quito, es un incremento del parque automotor, de un manera acelerada, tomando en cuenta entre los años de 1998 y 2014, el aumento de vehiculos fue de 131 a 192, por cada 1000 habitantes. Ademas, al conocer sobre tal crecimiento, se infiere a que la poblacion tiene las posibilidades economicas suficientes para la adquision de automoviles. [10]



Elaboración Propia. Fuente: Secretaría de Movilidad - AMT

Fig. 14. Numero de vehiculos por cada 1000 habitantes.

Con respecto a datos mas concreto, en los ultimos años se tienen variaciones anuales oscilando entre el 5% y 10%, en cantidad significa entre 15000 y 35000 vehiculos por año, y continua en crecimiento. Un aspecto, que poco a poco crea un efecto negativo, puesto que las condiciones de transito se agravian a partir de que la capacidad vial se ve reducida y paulatinamente acercandose a un limite que necesitaran medidas mas drasticas, para solocionar el problema.



Elaboración Propia. Fuente: Secretaría de Movilidad - AMT

Fig. 15. Crecimiento del parque automotor hasta el año 2030

Esta fue la ultima modificacion efectuada a los limites de velocidad en Ecuador, con esta se rigen y constatan las autoridades de transito, para generar alguna multa, siendo lo mas util la informacion de la circulacion urbana sea para automoviles, buses y vehiculos pesados.

VEHICULOS	TIPO DE VIA	LIMITE MÁXIMO	RANGO MODERADO	FUERA DE RANGO MODERADO
	Urbana	50 Km/h	50 Km/h a 60 Km/h	Más de 60 Km/h
	Perimetral	90 Km/h	90 Km/h a 120 Km/h	Más de 120 Km/h
	Rectas en Carretera	100 Km/h	100 Km/h a 135 Km/h	Más de 135 Km/h
	Curvas en Carretera	60 Km/h	60 Km/h a 75 Km/h	Más de 75 Km/h
	Urbana	40 Km/h	40 Km/h a 50 Km/h	Más de 50 Km/h
	Perimetral	70 Km/h	70 Km/h a 100 Km/h	Más de 100 Km/h
	Rectas en Carretera	90 Km/h	90 Km/h a 115 Km/h	Más de 115 Km/h
	Curvas en Carretera	50 Km/h	50 Km/h a 65 Km/h	Más de 65 Km/h
	Urbana	40 Km/h	40 Km/h a 50 Km/h	Más de 50 Km/h
	Perimetral	70 Km/h	70 Km/h a 95 Km/h	Más de 95 Km/h
	Rectas en Carretera	70 Km/h	70 Km/h a 100 Km/h	Más de 100 Km/h
	Curvas en Carretera	40 Km/h	40 Km/h a 60 Km/h	Más de 60 Km/h

Fig. 16. Limites de velocidad en Ecuador

En Quito, en base al incremento vehicular, los usuarios requieren un mayor tiempo para trasladarse de un lugar a otro, se ha encontrado en registros en el año 2008, las velocidades de viaje fueron variando de 19.9 km/h a 14.1 km/h, exceptuando los corredores integrados, en donde la velocidad fue constante con un valor de 19.8 km/h, debido a que en dicho carril se sostiene un exclusividad de circulacion.

Por otro lado, en la ciudad de guayaquil, hay casos particulares como los registrados en las lineas de buses como 16, 118, que transitan en la ciudad de Guayaquil, mantienen los recorridos mas largos con una distancia y tiempo de 94km cumplido en 4 horas, y 91 km en 3 horas y media [11]. Usando estos datos al analizar su velocidad de recorrido.

Tabla 6. Calculo de velocidad recorrido linea de bus 16 y linea de bus 118

Lineas de buses	Tiempo del recorrido (horas)	Distancia (km)	Velocidad de recorrido (km/horas)
16	4	94	23.5
118	3:30 (3.5)	91	26

DISCUSION

En terminos generales, en Ecuador, la congestion vehicular se denota particularmente en algunos horarios, tanto en la mañana (7.00 – 9:00) como en la tarde-noche (17:00 – 20:00), en los horarios indicados anteriormente existe un masivo movimiento de personas hacia lugares, como centros de estudio (escuela, colegios, universidades), y a lugares de trabajo, lo que implica saturacion en las vias. En este trabajo, se establece que los parametros fundamentales para un posible analisis en el ambito vehicular, son la densidad, la velocidad, y la intensidad, siendo aporte importante, para posibles proyectos viales sean estos cambios de rutas, o sentidos de circulacion.

Sin embargo, no es una analisis completo, puesto que en algunas provincias no se evalua las mismas cualidades de congestion, es decir, no es un patron para todas las ciudades, sino un estimacion a nivel general. En tal caso, se necesitará, un fuerte estudio de todas las vias del pais, analizando varios indicadores que no se consideraron, como ejemplo la semaforizacion, el ancho de las vias etc. Con ayuda del departamento de estadisticas, autoridades de transito, y cierta informacion otorgada de peajes, se podra construir un sistema mas robusto y con mejor calidad de datos.

La situacion es la comprobacion que la gestion no ha podido cubrir con las demandas de la transportacion publica, generando crecimiento de la poblacion y un expansion territorial. Cabe resaltar, que no fue suficientemente para impulsar la modificacion de los cuerpos normativos para atender a estos requerimientos.

La falta de decisión de los operadores para trabajar como entidades empresariales, las cuales ayudan a tener mejores condiciones organizacionales, es otra de las causas de deficiencia del transporte, en donde se les permita desempeñarse de manera moderna y profesional, garantizando ser eficiencites en una buena calidad de servicio.

CONCLUSIÓN

En base a la información presentada sobre los parámetros influyentes en la congestión vehicular se presentan las siguientes conclusiones:

- En Ecuador, el ámbito concerniente al tránsito vehicular, es un tema de vital interés, puesto que implica tener un mejor tratamiento de los datos para futuras investigaciones. Cabe destacar, que el INEC, en la parte de transporte, brinda información de los vehículos matriculados en varios aspectos, como clase, modelo, uso, capacidad, la cantidad encontrada por provincia, entre otros. Sin embargo, para efectos de ejecutar cálculos se necesitan algunos datos, que son escasos, o simplemente es más difícil acceder a ellos por la inexistencia de los mismos.
- Con información obtenida con respecto al volumen de tránsito en las calles principales de la ciudad de Guayaquil, el congestionamiento en las mismas solo repercute en las horas pico como lo son (7H00 a 9H00) y de (17H00 – 20H00), ocasionando problemas de un tráfico lento en ciertas avenidas, evidenciándose en calles antes mencionadas.
- Con los datos de las líneas 16 y 118 existe un transito lento en el recorrido que estas ejecutan, considerando quepasan en gran parte la Av. Perimetral, se obtuvo que las velocidades de recorrido se encuentran por debajo del limite de velocidad para este tipo de via, se concluye a que no existe un flujo factible entre unidades vehiculares.
- En Quito, se buscan diferentes alternativas para reducir la congestion, tomando medidas como es el caso de “pico y placa”, con buenos resultados con respecto al transito vehicular, pero sera un tema preoupante a partir del crecimiento del parque automotor, y por la gran demanda de los usuarios por adquirir un vehiculo y evitar tomar el transporte publico que aun presenta pequeñas deficiencias en sus servicios.

REFERENCIAS

[1] Thompson, I., & Bull, A. (2012). La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales. Revista de la CEPAL 76, p. 110.

[2] “Ingenierira del trafico parámetros fundamentales”, Departamento de Ingenieria Mecanica, Universidad Carlos III de Madrid.

[3] Bull, A. (comp.) (2003). “Congestión de tránsito: el problema y cómo enfrentarlo”. Cuadernos de la CEPAL, 87 (LC/G.2199-E).p 26.

[4] Tomas, P “tema 5: Parámetros fundamentales del tráfico i. Características del flujo de tráfico, variación, distribución y composición. Intensidad de tráfico. Definición. Densidad de tráfico. Tiempos de recorridos y demoras. Relaciones entre la intensidad, la velocidad y la densidad”.

[5] (Lusthaus, C., Adrien, M., Anderson, G., Carden, F., “Mejorando el desempeño de las organizaciones”, Editorial Tecnológica de Costa Rica, Ed. 1 2001).

[6] Parra, Rene. (2014). Caracterización de la intensidad media diaria y de los perfiles horarios del tráfico vehicular del Distrito Metropolitano de Quito. Avances en Ciencias e Ingenierías. 6. C40-C45. 10.18272/aci.v6i2.186.

[7] Remache, A (2017), “Análisis de la aplicación del pico y placa en la ciudad de Quito”, INNOVA Research Journal 2017, Vol 2, No. 6, 136-142.

[8] “El transporte informal cubre las falencias del sistema regular de movilidad (2015, Marzo, 15), El Telegrafo. Recuperado de: https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/quito/1/el-transporte-informal-cubre-las-falencias-del-sistema-regular-de-movilidad.

[9] Bull, A. (comp.) (2003). “Congestión de tránsito: el problema y cómo enfrentarlo”. Cuadernos de la CEPAL, 87 (LC/G.2199-E).p 27.

[10] “Diagnóstico de la movilidad en el distrito metropolitano de quito para el plan metropolitano de desarrollo territorial (pmot)”, Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.

[11] “Los buses de las rutas más largas recorren hasta 94 km por vuelta en Guayaquil”, (2016, Julio, 4), El Universo. Recuperado de: https://www.eluniverso.com/noticias/2016/07/04/nota/5672574/buses-rutas-mas-largas-recorren-hasta-94-km-vuelta.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1456-1461
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

ETUDE DES POSSIBILITES DE TRANSMISSION DES MALADIES INFECTIEUSES PAR LES ANIMAUX DOMESTIQUES EN DIVAGATION : CAS DE L'ELEVAGE DES PORCS EN GROUPEMENT DE MITI

[STUDY OF THE POSSIBILITIES OF TRANSMISSION OF THE INFECTIOUS DISEASES BY THE DOMESTIC ANIMALS IN DIVAGATION : CASE OF THE BREEDING OF THE PIGS IN GROUPING OF MITI]

FITINA TOTO Willy, NAMEGABE BARHALENGEHWA, and BUBALA MUTOMBO

ISTD-MULUNGU, SUD-KIVU, RD Congo

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

ABSTRACT: The cattle form a significant source of income to the population of the South-kivu. In spite of their economic and nutritive importance, they are always victims of the diseases.
The results of the research carried out in the grouping of MITI determine the divagation of the animal sources of the zoonose.

KEYWORDS: possibility, transmission, infectious diseases, divagation.

RESUME: Les bétails forment une source importante de revenu à la population du SUD-KIVU. En dépit de leur importance économique et nutritive, ils sont toujours victimes des maladies.
Les résultats de la recherche effectuée dans le groupement de MITI déterminent que la divagation des animaux sources de la zoonose.

MOT-CLEFS: possibilité, transmission, maladies infectieuses, divagation.

1 INTRODUCTION

Pour des questions d'ordre alimentaire et socio-économique, l'homme du monde entier a appris à domestiquer les animaux depuis des très longues années.

Il est évident que cette domestication n'est pas restée sans problème pour l'humanité en général et pour les populations paysannes des pays en voie de développement (MAZOYER, 2002).

L'histoire nous renseigne que l'homme vivait de la chasse et de la cueillette et qu'il faudrait attendre jusqu'au néolithique (700 ans A V J.C) pour que celui-ci parachève la domestication des animaux et des plantes (NYALUHAZE ,2012).

L'humanité doit améliorer ses techniques de production de la nourriture pour satisfaire à la demande en croissance. C'est ainsi que le groupement de MITI s'en donne à l'élevage de certaines espèces animales (bovins, caprins, ovins, suidés, cobaye et lapins…) pour répondre à divers besoins vitaux.

Ces paysans ses heurtent à un sérieux problème de rareté des pâturages et pratiquent l'élevage en divagation avec toutes les conséquences qui peuvent en découler, mais aussi cohabitent dans une même maison avec les animaux domestiques.

Corresponding Author: BUBALA MUTOMBO

Parmi les animaux domestiques à élever, le porc occupe une place de choix, particulièrement chez les paysans du Sud-Kivu, en groupement de MITI.

Dans tous les cas, la santé des animaux est tributaire des plusieurs facteurs qui peuvent les modifier profondément ou non, dont l'environnement est le plus important (MASUNGA ,2006).

La mauvaise pratique de l'élevage, par manque de pâturage et le logement posent un sérieux problème obligeant les éleveurs à conduire les animaux matins et soirs pour leur alimentation, exposant ainsi la population aux risques d'attente par les maladies dues aux helminthes communes et maladies infectieuses.

Chaque soir, ces animaux sont attachés à des endroits appropriés dans la maison d'habitation ou ces animaux déposent leurs matières fécales.

Se référant à la coutume des bashi, les éleveurs vivent avec leurs animaux sous le même toit, avec tous les risques de contamination des maladies par ces mêmes animaux.

Le porc s'infeste dans le sable, les herbes, les plantations, mais surtout dans les écuries non cimentées. La chique peut causer une sérieuse nuisance à l'élevage du porc, non seulement par les plaies qu'il occasionne et qui peuvent prendre un caractère gangreneux.

Des rapports des pères missionnaires de Moanda établissent que leurs porcs meurent tous, par suite d'un empoisonnement consécutif à la consommation du bulbe d'une plante vénéneuse (H.SERRES, 1973). La plante incriminée fut déterminée par M. le Docteur J. BEQUAERT ; il s'agit d'albuca varigota wild.

Les expériences faites prouvent que le porc ne se nourrit pas de cette plante, qu'il refuse même mélangée avec du riz et cela après un gène prolongé.

Il reste à souligner que dans plusieurs villages de la République Démocratique du Congo, il se pose un problème de divagation des animaux domestique. En traversant plusieurs village du pays, il est facile de remarquer des vaches, des moutons, des chèvres, des chiens, des porcs, … ce problème se pose également avec les volailles ; c'est le cas des poules, dindons, pintades, canards, qui circulent à longueurs des journées comme biens sans maitre (rapport du séminaire, 2008).

Les bêtes en divagation peuvent aller dans les rivières, dans les sources d'eaux pour s'abreuver ; en s'abreuvant ils peuvent laisser les microbes dans l'eau, la quelle destinée pour la survie de l'homme.

C'est ainsi que ces microbes laissés par ces animaux domestiques en divagation peuvent constituer une source de transmission des maladies à l'homme.

Partant de la problématique évoquée ci-haut, nous nous somme poser la question : quelles sont les possibilités de transmission des maladies infectieuses a la population par les animaux domestiques (porcs) en divagation dans le groupement de MITI ?

2 MILIEU D'ETUDE

Le milieu d'étude est le groupement de MITI appelé aussi groupement de RWABIKA, situer dans la partie nord du territoire de KABARE dans la province du Sud-Kivu en république démocratique du Congo a plus ou moins 25km de la ville de BUKAVU sur l'axe routier BUKAVU-GOMA.

Le groupement de MITI occupe une superficie d'environ 186Km^2 dont 96,2Km^2 sont effectivement occupés par la population contre 89,8Km^2 occupés par les grandes concessions étatiques ou privées, ce qui justifie insuffisance de l'espace arable pour la population.

3 RESULTATS

Pour nous permettre de réunir les informations et les données fiables, nous avons essayés de relever sur terrain les personnes qui sont impliqués dans l'activité de l'élevage des porcs dans les cinq villages qui constitues le groupement de MITI et nous avons repérer un effectif de 187 éleveurs dont nous avons pris l'échantillon de 80 éleveurs en utilisant la formule suivante :

$$\mathrm{E}\frac{x}{y}\mathrm{x}100 = \frac{80}{26798}x100 = 0.29\%$$

E= Taille de l'échantillon, **x**= Nombre des ménages enquêtés, **y**= nombre total de la population

La population cible est donc représentée dans le tableau ci-dessous conformément aux cinq villages qui constituent le groupement de Miti.

Tableau 1. La population cible

N°	VILLAGES	ELEVEURS	%
1	CIBINDA	20	25
2	COMBO	15	18.75
3	KAKENGE	10	12.5
4	KASHUSHA	10	12.5
5	MITI CENTRE	25	31.25
	TOTAL	80	100

Sources : Nos investigations sur terrain.

Tableau 2. Les animaux domestiques élevés par les enquêtés

N°	Réponses attendues	Scores	%
1	Bovin	12	15
2	Caprin	8	10
3	Porc	45	56.25
4	Lapin	5	6.25
5	Volaille	10	12.5
	Total	80	100

Sources : Nos investigations sur terrain.

De ce tableau, il ressort que 45 personnes soit 56.25% de notre échantillon pratiquent l'élevage des porcs. Par contre 12 personnes soit 15% élèvent les bovins et 10 personnes soit 12.5% de nos enquêtés font l'élevage des volailles, 8 personnes soit 10% élèvent les caprins et en fin 5 personnes soit 6.25% affirmes qu'elles font l'élevage des lapins.

Tableau 3. Les types d'élevage pratiqué par les enquêtés

N°	Réponses attendues	Scores	%
1	En divagation	70	87.5
2	En stabulation	8	10
3	Les deux types à la fois	2	2.5
	Total	80	100

Source : nos investigations sur terrain.

De ce tableau, il se note que 70 éleveurs soit 87.5% de notre échantillon pratiquent l'élevage en divagation ; cela certifie que les éleveurs ne connaissent pas d'autre systèmes d'élevage.

Par contre 8 personnes soit 10% de notre échantillon affirment qu'elles pratiquent l'élevage en stabulation. Aussi deux personnes soit 2.5% on dit qu'elles font les 2 types d'élevage à la fois.

Tableau 4. Relève des problèmes à l'élevage en divagation du porc

N°	Réponses attendues	Scores	%
1	Conflits avec les agriculteurs et destruction des cultures dans les champs des voisins	30	37.5
2	Transmission des maladies à la population par les porcs en divagation	50	62.5
	Total	80	100

Source : nos investigations sur terrain.

Au regard du tableau ci-dessus, il ressort que 30 personnes soit 37.5% de notre échantillons ont montrés que les porcs en divagation sont des sujets de conflits entre agriculteurs et éleveurs ; 50personnes soit 62.5% de notre échantillon ont affirmés que l'élevage en divagation du porc est l'un des sources des de transmission des maladies à la population.

Tableau 5. Avis sur les éventuels problèmes des porcs en divagation, porteurs des vecteurs des maladies.

N°	Réponses attendues	Scores	%
1	Oui	75	93.75
2	Non	5	6.25
	Total	80	100

Source : nos investigations sur terrain.

De ce tableau ci- haut, il se note que 75 personnes soit 93.75% ont acceptés que les porcs en divagation sont porteurs des germes des maladies nuisibles à la santé. Par contre, 5 personnes soit 6.25% ont refusés que ces porcs ne sont pas porteurs des germes.

Tableau 6. Le service vétérinaire qui accompagne les éleveurs

N°	Réponses attendues	Scores	%
1	Oui	00	00
2	Non	80	100
	Total	80	100

Source : nos investigations sur terrain.

De ce tableau, il ressort que 80 personnes soit 100% de nos enquêtés ont affirmés qu'il 'y a aucun service vétérinaire qui accompagne les éleveurs dans leurs activités, le quel selon les enquêtés est très important.

Tableau 7. Relevé des Maladies transmises par les animaux à l'homme

N°	Réponses attendues	Scores	%
1	Rage	11	13.75
2	Charbon bactéridie	17	21.25
3	Verminose	29	36.25
4	Teigne tondante	23	28.75
	Total	80	100

Source : nos investigations sur terrain.

De ce tableau, il ressort que 29 personnes soit 36.25% affirment que les porcs transmettent la verminose à l'homme par le fait que l'homme mange la viande du porcs suffisamment cuite , 23 personnes soit 28.75% acceptent que la teigne tondante du porcs peut aussi contaminer l'homme lors qu'il Ya contacte directe entre ces deux individus.

En Outre 17 personnes soit 21.25% affirment que le charbon bactéridie est aussi transmissible à l'homme lors qu'il consomme une viande du non inspectée par le service vétérinaire.

En fin, 11 personnes soit 13.75% acceptent que les porcs peut transmettre les microbes de la rage lors qu'il mort un individu ou quand il lèche les objets et ustensiles domestique.

Tableau 8. Comportements adoptés en cas des d'épidémie du porc

N°	Réponses attendues	Scores	%
1	Appel aux vétérinaires	2	2.5
2	Abattage de nécessité	78	97.5
	Total	80	100

Source : nos investigations sur terrain.

De ce tableau ci-haut, 2 personnes soit 2.5% de nos enquêtés affirment qu'elles font appel aux vétérinaires pour le soin de leurs animaux. 78 personnes soit 97.5% disent qu'elles pratiquent de nécessité l'abattage.

Tableau 9. Avis sur le logement des porcs

N°	Réponses attendues	Scores	%
1	Oui	13	16.25
2	Non	67	83.75
	Total	80	100

Source : nos investigations sur terrain.

De ce tableau ci-haut, 67personnes soit 83.75% de nos enquêtés affirment qu'elles n'ont pas des logements pour leurs porcs.

Tandis que 13 personnes soit 16.25% de ces mêmes enquêtés déclarent qu'elles ont des logements pour leurs porcs.

Tableau 10. Les stratégies à mettre en place pour amener les paysans éleveurs à initier un logement propre aux porcs et contourner les différentes maladies.

N°	Réponses attendues	Scores	%
1	Former le paysan éleveur de MITI sur les différentes maladies dont les animaux (porcs) sont victimes	32	40
2	Former et sensibiliser le paysan de MITI sur le mode d'alimentation des porcs en vue de leurs garantir une bonne santé.	20	25
3	Inviter le service vétérinaire opérationnel du groupement de MITI à encadrer les paysans éleveurs de lui fournir des renseignements relatifs aux maladies.	28	35
	TOTAL	80	100

Source : nos investigations sur terrain.

De ce tableau, il se montre que 32 personnes soit 40% des enquêtés réclament une formation des paysans éleveurs sur les différentes maladies dont les porcs sont porteurs et 28 personnes soit 35% demande au service vétérinaire du groupement d'encadrer les paysans victimes de lui fournir des renseignements relatifs aux maladies dont les porcs sont victime. En fin, 20 personnes soit 25% réclame une formation et la sensibilisation des paysans sur le mode d'alimentation des porcs en vue de leurs garantir une bonne santé.

4 DISCUTION DES RESULTATS

après analyse des constats de nos enquêtes qui se sont exprimés sur les possibilités de contamination des maladies contagieuses par des mauvaises pratiques d'élevage dans le groupement de MITI , nous avons remarqué que cette contamination est dit à la cohabitation Homme Animal.

Dans son travail (identification des problèmes liés à la cohabitation homme-animaux dans le groupement de BUSHWIRA, BAHATI WA KAMPALA montre que les personnes reçues dans les centres des santés ont un taux de verminose élevé.

Comparativement à nos résultats d'enquête menée, nous constatons qu'il n'y a une mesure prophylactique appropriée dans la lutte contre les maladies contagieuses et la mise sur pied du phénomène d'élevage en stabulation.

Les moyens pour réduire la prévalence de la transmission des maladies contagieuses sont :

- Obtenir du pouvoir public un programme de panel sur différentes maladies infectieuses transmissible à l'homme par les animaux domestiques en divagation ;
- Promouvoir les actions paysannes vulgarisant la pratique d'élevage en stabulation et tous les coupages zoo-sanitaire épargnant la population de toute contamination ;
- Informer et former la population sur le bien fondés de l'élevage en stabulation ;

Il est impérieux donc de sensibiliser, mobiliser la population de MITI a l'élevage en stabulations c'est-à-dire, vivre en habitat séparé avec les animaux en vue de maintenir la santé tant humaine qu'animale ainsi qu'environnementale pour l'avenir de nos générations.

5 CONCLUSION

Apres analyse et interprétation de nos résultats d'enquêtes sur terrain, nous avons constaté que la divagation des animaux domestiques en Général, et les porcs en particulier peuvent engendrer divers problèmes pouvant compromettre la santé de toute une nation par la transmission des Maladies infectieuses à la population.

Les animaux en divagation présente un danger imminent tant pour les éleveurs que pour les agriculteurs. C'est ainsi que les agriculteurs sont victimes des destructions de leurs cultures et lorsque les animaux sont en divagation. C'est ainsi que ces mêmes agriculteurs et éleveurs en même temps voient qu'ils ont perdu leur production, ce qui engendre la famine et la réduction des récoltes ; lors de cette divagation les expose à la contamination des diverses maladies comme la verminose, la teigne tondante, le charbon bacteridien voire la rage.

Au vu de cette situation l'on laisse à croire que le service vétérinaire serait inactif dans cette entité car sur le 100% de notre échantillon ont démontré que la situation liée à la contamination des maladies dont les vecteurs seraient les porcs en divagation.

Néanmoins, Nous estimons que ce modeste travail constitue une ébauche pour tout autre scientifique qui abordera un pareil sujet.

REMERCIEMENT

Nos remerciements s'adressent aux Responsables du groupement de Miti, au Comité de gestion de l'ISTD-MULUNGU, au service vétérinaire du territoire de KABARE et à tous les Enseignants de l'ISTD-MULUNGU pour leur collaboration.

REFERENCES

[1] ANONYME, Mémento de l'agronome, Ed 2006.
[2] Jean GILAIN, Organisation et exploitation des élevages au Congo belge.
[3] H. SERRES, Précis d'élevage des porcs en zone tropical, paris 1973.
[4] MAZOYER MARCEL, la rousse agricole, 2002 donnée économique, tableau p.749-750.
[5] R. LARRAT, manuel vétérinaire des agents techniques de l'élevage tropical.
[6] JEAN BAHATI WA KAMPARA, Identification des problèmes liés à la cohabitation hommes-animaux domestiques cas spécifique du groupement de BUSHWIRA, TFC, ISTD-MULUNGU, 2003-2004.
[7] BARHALENGEHWA NYALUHAZE, cours de Géographie humaine et économique, G2, ISTD-MULUNGU 2011-2012.
[8] MASUNGA MAMPASI, cours de techniques d'élevage, G1, ISTD-MULUNGU, 2006.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1462-1474
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Effets macroéconomiques des chocs de la politique budgétaire au Maroc : Une analyse en VAR structurel linéaire

[Macroeconomic effects of fiscal policy shocks in Morocco : A linear structural VAR analysis]

Anouar Ghazi

Département des sciences économiques, Faculté des sciences économiques juridiques et sociales Souissi, Université Mohamed V - Rabat, Maroc

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

ABSTRACT: This article assesses the short-term macroeconomic effects of fiscal policy on economic activity in Morocco. Over the period from 1990 (Q1) to 2015 (Q4), a structural autoregressive vector (VAR) of five variables is estimated and identified using the recursive approach and Blanchard and Perotti's approach (2002). The estimates reveal the following main results: (i) an expenditure shock has a positive statistically significant effect between the sixth and twelfth quarter; (ii) the interest rate and inflation react positively to the expenditure shock, but this effect is not statistically significant. ii) A tax revenue shock affects negatively output, inflation, while the interest rate reacts positively. In addition, iii) the fiscal multipliers calculated from the reaction functions indicate that the expenditure multiplier, has a positive sign, but it doesn't exceed one. In contrast, (iv) the revenue multiplier has a negative sign and exceeds one, indicating that a tax revenues have a greater impact in comparison with expenditures. However, the tax multiplier varies according to the estimated methodology, unlike the expenditure multiplier whose result is robust according to the two identification approaches.

KEYWORDS: Budgetary expenditure, tax revenue, budget shocks, budget multipliers, SVAR model, economic activity.

RESUME: Cet article évalue les effets macroéconomiques de court terme de la politique budgétaire sur l'activité économique au Maroc. Sur la période allant de 1990 (T1) à 2015 (T4), un vectoriel autorégressif structurel (VARs) de cinq variables est estimé et identifié selon l'approche récursive et l'approche de Blanchard et Perotti (2002). Les estimations laissent dégager les principaux résultats suivants : i) un choc de dépense exerce un effet positif statistiquement significatif entre le 6ème et le 12ème trimestre, ii) Le taux d'intérêt et l'inflation réagissent aussi positivement à choc de dépense, mais cet effet n'est pas statistiquement significatif. ii) Un choc de recette fiscale affecte négativement la production, l'inflation, tandis que le taux d'intérêt réagit positivement. En outre, iii) les multiplicateurs budgétaires calculés à partir des fonctions de réactions indiquent que le multiplicateur de dépense bien qu'il soit de signe positif ne dépasse pas l'unité. En revanche, iv) le multiplicateur de recette est de signe négatif et dépasse l'unité, indiquant ainsi que les recettes fiscales ont un impact plus prononcé en comparaison avec les dépenses. Toutefois, le multiplicateur de recette varie en fonction de la méthodologie estimée contrairement au multiplicateur de dépense dont le résultat est robuste selon les deux approches d'identification.

MOTS-CLEFS: Dépense budgétaire, recette fiscale, chocs budgétaires, multiplicateurs budgétaires, modèle SVAR, activité économique.

Corresponding Author: Anouar Ghazi

1 INTRODUCTION

Les effets macroéconomiques de la politique budgétaire constituent l'un des sujets les plus débattus de la théorie économique. La littérature suggère que les positions théoriques sur ce sujet divergent souvent. La première vision théorique de ce débat est l'approche Keynésienne, selon laquelle la politique budgétaire expansionniste exerce un effet positif sur la demande agrégée et par conséquent, augmente la production (Effets Keynésiens de la politique budgétaire).

En revanche, l'approche néoclassique fondée sur l'hypothèse des anticipations rationnelles, et sur le théorème de l'équivalence Ricardienne, suggère que la production est déterminée par l'offre agrégée et non pas la demande et donc la politique budgétaire agissant sur la demande agrégée n'a pas d'effets (Effets non keynésiens de la politique budgétaire).

Une autre vision théorique appelée « effets keynésiens de la politique budgétaire non keynésienne », suggère que la contraction (expansion) budgétaire peut accroitre (baisser) la production. En fait, les agents économiques anticipent que la baisse des dépenses publiques se traduirait par une réduction permanente des impôts futures, et donc augment les dépenses de consommation privée, grâce à cet effet de richesse (Effets anti-keynésiens de la politique budgétaire).

En plus du débat théorique, sur le plan empirique l'évaluation des effets macroéconomiques de la politique budgétaire constitue aussi un des problèmes les plus controversés. Bien qu'il existe des études qui trouvent un support pour l'une ou l'autre théorie, les résultats diffèrent selon la méthodologie d'estimation utilisée, des hypothèses d'identification du modèle, et de la période du temps étudiée [1]. En d'autres termes, il n'y a pas de consensus absolu sur les effets de la politique budgétaire sur la macroéconomie.

L'absence d'un consensus dans la littérature sur les effets de la politique budgétaire suggère que l'investigation empirique dans ce domaine a encore un rôle très important à jouer, et si les effets macroéconomiques de la politique budgétaire sont suffisamment étudiés pour les économies développés, le sujet est loin d'être cerné pour les pays en développement, dont les effets de la politique budgétaire surtout ceux du court terme restent encore mal connus [2], constituant ainsi une lacune majeure à l'élaboration d'une politique budgétaire et économique efficaces.

Dès lors, l'évaluation des effets macroéconomiques de la politique budgétaire constitue toujours bon et paritaire sujet de recherche surtout pour les pays en développement, surtout que récemment ce sujet s'est renouvelé et a pris de l'ampleur après la crise financière mondiale de 2007-2008.

Dans ce cadre, le présent article se propose d'analyser les effets macroéconomiques de la politique budgétaire sur les principaux indicateurs de l'activité économique au Maroc à savoir la production, le niveau des prix, et le taux d'intérêt. L'objectif en définitive est d'évaluer le pouvoir stimulateur de la politique budgétaire. La méthodologie économétrique utilisée est le VARs (vectoriel autorégressif structurel), qui permet de simuler les effets des chocs budgétaires.

Sur la période allant de 1990 (1er trimestre) à 2015 (4ème trimestre), l'estimation du VARs est effectuée selon deux schémas d'identification : i) l'approche récursive appliquée à la politique budgétaire par Fatas et Mihov (2001), et ii) l'approche de Blanchard et Perrotti (2002), méthode référence largement utilisée par la littérature empirique pour l'évaluation des effets économiques des chocs budgétaire. La comparaison des résultats émanant des deux approches d'identification permettra de tester la robustesse de ces résultats et fournira plus de preuves empiriques pour une meilleure compréhension de la politique budgétaire au Maroc.

Pour ce faire, ce travail sera structuré autour des quatre sections suivantes : i) la première section dressera une revue de littérature empirique sélective traitant les effets de court terme de la politique budgétaire à l'aide des modèles VARs à la fois pour les pays développés que pour les pays en développement, ii) la deuxième section présentera les données et les résultats des tests usuels de racine unitaires, iii) la troisième présentera la méthodologie d'estimation du modèle VARs et les deux approches d'identification, iv) la quatrième section exposera les résultats et les interprétations des différentes fonctions de réactions impulsionnelle, mais aussi le calcul des multiplicateurs budgétaires; vi) la cinquième section conclut.

2 REVUE DE LITTERATURE EMPIRIQUE SELECTIVE

La littérature empirique relative à l'évaluation des effets dynamiques de la politique budgétaire sur l'activité économique à l'aide de la méthodologie VARs a reçu moins d'intérêt par rapport à la politique monétaire. En outre, la grande partie de cette littérature empirique s'est concentrée sur les pays développés (USA, l'Europe, Japan) beaucoup plus que les pays en développement. L'offre statistique constitue l'une des principales causes de cette pénurie d'études dans ces pays.

Dans ce cadre, cette section dresse une revue de littérature empirique traitant les effets macroéconomique de court terme de la politique budgétaire à l'aide de la méthodologie VARs (vectoriel autorégressif structure).

Fatas et Mihov (2001) estiment un modèle VAR à cinq variables appliqué aux USA et identifié à l'aide de l'approche récursive introduite par Sims (1980). Leurs résultats indiquent que dépenses exerce un effet expansionniste sur la production (multiplicateur supérieur à 1). Cette augmentation est due principalement à l'augmentation de la consommation privée, tandis que l'investissement ne réagit pas significativement.

Dans un article de référence en matière d'évaluation des effets macroéconomiques de court terme de la politique budgétaire, Blanchard et Perotti (2002) estiment un modèle VAR à trois variables (dépenses, recettes, PIB réel), identifié avec une méthode qui repose sur l'exploitation des informations institutionnelles du système budgétaire pour identifier les réponses automatiques des dépenses et des recettes et par la suite isoler les chocs budgétaires. Les résultats indiquent qu'un choc de dépense (augmentation) affecte positivement la production. Tandis qu'un choc des impôts (augmentation) exerce un effet négatif sur la production. En outre, les multiplicateurs d'un choc de dépense et de recette sont faibles.

Caldara et Kamps (2008) estiment un modèle VAR à cinq variables (Dépenses, Recettes, le PIB réel, taux d'inflation et le taux d'intérêt de court terme) sur la période allant de 1955 à 2006 afin d'évaluer les effets des chocs de politique budgétaire pour l'économie des Etats unis d'Amériques (USA). Pour identifier ce modèle, ils utilisent quatre approches d'identification en l'occurrence : i) l'approche récursive, ii) l'approche de Blanchard et Perotti, iii) l'approche des signes, et iv) l'approche événementielle. Les résultats indiquent qu'un choc de dépense affecte positivement la production selon toutes les approches d'identification que les dépenses publiques. Tandis que pour les effets d'un choc de recettes (choc fiscal) les résultats divergent ; par exemple, l'approche des signes indique qu'un choc de recette affecte négativement l'économie réelle, tandis que les autres approches indiquent qu'un choc de recette n'a pas d'effet.

Mountford et Uhling (2005), en appliquant l'approche des signes pour identifier un VARs appliqué aux données des USA pour la période allant de 1955 à 2000, concluent que la meilleure politique budgétaire pour stimuler l'économie est celle qui s'appuie sur la réduction des impôts, et que les coûts de long terme d'une expansion budgétaire basée sur les dépenses sont probablement plus importants que les gains de court terme.

Giordano et al (2007), évaluent les effets de la politique budgétaire en Italie sur le produit intérieur brut réel, le taux d'inflation et le taux d'intérêt pour la période allant de 1982 (T1) à 2004 (T2). A l'aide d'un modèle VARs identifié selon la méthode de Blanchard et Perotti (2002), les résultats indiquent qu'un choc de dépense budgétaire (achats) affecte positivement le PIB réel avec une hausse de 0,6 dans 3 trimestres. Cet effet s'annule après deux ans. L'emploi, la consommation et l'investissement privés répondent aussi positivement à choc de dépense. La réaction de l'inflation est positive mais faible et de courte durée. En revanche, le choc de recettes a des effets négligeables sur toutes les variables macroéconomiques de l'étude.

Afin d'évaluer l'efficacité macroéconomique de la politique budgétaire, Biau et Girard (2005), s'appuient sur la méthode d'identification de Blanchard et Perotti (2002) pour estimer un modèle VARs sur la période allant de 1978 à 2003 pour l'économie française. Les résultats indiquent qu'un choc structurel de dépense publique impacte positivement l'activité économique à court terme (multiplicateur proche de 1,4 euro), tandis qu'un choc structurel de recette impacte négativement l'activité. Selon Biau et Girard (2005), ces réactions de l'activité aux chocs budgétaires sont cohérentes avec les effets attendus d'une relance keynésienne.

En plus, plusieurs autres travaux en Europe ont adopté la même méthodologie de Perotti et Blachard (2002). Entre autres on cite : i) De Castro (2006) Pour l'Espagne, ii) Heppke-Falk, Tenhonfen, et Wolff (2006) Pour l'Allemagne, iii) K. Karagyozova-Markova et al (2013) pour la bulgarie.

Afin d'évaluer les effets macroéconomiques de la politique budgétaire pour l'économie colombienne Ignacio Lozano et al (2009), estiment un modèle VARs identifié aussi selon la méthode de Blanchard et Perroti (2002) sur la période allant de 1980 à 2007. Les résultats indiquent que dans le court terme, un choc de dépense exerce un effet positif et significatif sur la production, la consommation privée, l'emploi, les prix et le taux d'intérêt de court terme. En revanche, un choc des impôts directs affecte négativement l'investissement privé, tandis que les chocs des impôts indirects ne semblent pas affecter l'économie réelle de de manière significative.

Pour les pays en développement, Hemming et al (2002) avancent que les effets de la politique budgétaire sur l'activité économique restent encore mal connus et qu'il n'existe pas beaucoup de preuves sur cette politique comparativement aux économies avancées. Toutefois, un ensemble de travaux ont été mené sur les économies en développement. Les résultats diffèrent d'un pays à l'autre.

Pour le Maroc, Lankaoui et Saidi (2007) à l'aide d'un modèle VARs à la Blanchard et Perrotti (2002), concluent que l'augmentation des recettes conduit à une baisse du PIB avec un effet cumulé maximum d'environ -1.4% dans un horizon de trois trimestres et un multiplicateur est de -0.5. Tandis que la réaction du PIB à un choc de dépense est moins importante ; une

augmentation de 1% conduit à une croissance de court terme du PIB d'environ 0.6% de deux trimestres et un maximum de 1.3% après 4 ans.

Dans ce cadre, Sarra BenSliamne et al (2011) estiment un VARs sur la période allant de 1980 à 2008, pour l'économie Tunisienne. Le VARs est identifié à l'aide de la méthode de Blanchard et Perotti (2002). Les auteurs concluent qu'une politique budgétaire expansionniste exerce un effet de type keynésien mais faible sur l'activité économique, et engendre des pressions inflationnistes.

Dans une autre étude similaire pour évaluer les effets de la politique budgétaire sur les agrégats macroéconomiques, Sarra BenSliamne et al (2012) estiment un VARs à cinq variables pour l'économie Tunisienne et égyptienne. Les résultants concluent que, pour les deux économies, la politique budgétaire est procyclique. De plus, un choc de dépense engendre un effet d'éviction.

3 DONNEES DE L'ETUDE

En s'inspirant de l'ensemble des travaux dressés dans la section précédente, ce travail se propose d'évaluer les effets d'un choc budgétaire (dépense et recette) sur l'activité économique au Maroc (production, taux d'inflation et taux moyen pondéré). L'analyse empirique est menée à l'aide d'un modèle VARs à cinq variables, estimé sur la période allant de 1990 (T1) à 2015 (T4).

3.1 DEFINITION DES VARIABLES

L'estimation du VARs porte sur la période allant de 1990 (1er trimestre) à 2015(4ème trimestre). Cinq variables sont utilisées dans l'estimation à savoir, les dépenses globales (G), les recettes fiscales (TA), le produit intérieur brut (Y), l'inflation calculée à partir de l'indice des prix à la consommation (P), et le taux moyen pondéré (R).

Cet ensemble de variables est qualifié par Blanchard et Perroti (2002) comme le minimum de variables nécessaire pour évaluer les effets de la politique budgétaire sur la dynamique économique. La littérature empirique prévoit des modèles extensifs comportant plus que ce minimum. Toutes les variables, sont collectées des bases de données, de Bank Al Maghreb, du Haut commissariat au plan (HCP) et du ministère de l'économie et des finances (MEF).

Tableau 1. Variables de l'étude

Variables	Définition	Période d'observation
G	Dépenses globales (dépenses courantes+ dépenses d'investissement)	1990 (T1) à 2015 (T4)
TA	Recettes fiscales (impôts directs, indirects, droits de douane, droits d'enregistrement)	1990 (T1) à 2015 (T4)
Y	Produit Intérieur Brut (base 1998)	1990 (T1) à 2015 (T4)
P	Taux d'inflation calculé à partir de l'IPC	1990 (T1) à 2015 (T4)
R	Taux Moyen pondéré des opérations du marché bancaire)	1990 (T1) à 2015 (T4)

Les variables dépense globale (G), recette fiscale (T), et le PIB sont désaisonnalisées, exprimés en terme réel, et introduites dans le modèle en logarithme. Le taux moyen pondéré (R) est désaisonnalisé et introduit dans le modèle sans logarithme (voir annexe 1). En effet, Plusieurs études empiriques introduisent le taux d'intérêt sans transformation entre autres, Biau et al (2004) et Caldara et al (2008).

3.2 TESTS USUELS DE RACINE UNITAIRE

Après avoir construit les séries de l'étude, l'étape indispensable à toute estimation en série chronologique est les tests de racine unitaires. Ces derniers permettent de prédire si les séries sont stationnaires en niveau ou en différence. En cas de variables intégrées d'ordre 1, un modèle de co-intégration est plus approprié pour un système contenant des variables non stationnaires en niveau. Toutefois, un VAR peut être estimé sans imposer des restrictions de long terme sur des variables en niveau. A signaler que le test de cointégration de Johansen indique la présence de trois relations de cointégration.

Dans ce cadre, nous estimons un modèle VAR avec des variables non transformées (variables en niveau), surtout que l'objectif de ce travail est dans un premier temps l'analyse des interactions dynamiques entre les variables budgétaires et les autres variables plutôt qu'aux coefficients.

Les tests usuels de racine unitaire en l'occurrence le test ADF (Dickey-Fuller-augmenté), le test KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin) et le test PP (Phillips et Perron), indique que l'ensemble des variables sont intégré d'ordre 1 (c'est-à-dire stationnaire en différence première), sauf le taux d'inflation qui est stationnaire en niveau (I(0)).

Tableau 2. Ordre d'intégration des variables

	Dépenses totales (G)	Recettes fiscales (TA)	PIB (Y)	Inflation (P)	TMP (R)
ADF	I(1)***	I(1)***	I(1)***	I(0) ***	I(1) ***
KPSS	I(1)***	I(1)***	I(1) ***	I(0) ***	I(1) ***
PP	I(I) ***	I(1)***	I(1) ***	I(0) ***	I(1) ***

****significatif à 1%, ** significatif à 5%, * significatif à 10 %*

4 METHODOLOGIE D'ESTIMATION

Afin d'évaluer les effets de court terme de la politique budgétaire sur l'activité économique au Maroc sur la période allant de 1990 (T1) à 2015(T4), nous menons une estimation à l'aide d'un modèle vectoriel autorégressif structurel (VARs). Celui-ci, permet de simuler les effets d'un choc de dépense et d'un choc de recette sur l'activité économique tout en évitant les restrictions théoriques lourdes imposées par les modèles macro-économétriques des équations simultanées.

Dans une première étape, nous spécifions un VAR réduit (canonique) et dégageons les résidus canoniques (chocs canoniques). Ensuite, nous proposons deux différents schémas d'identification de ce modèle en l'occurrence : i) un VAR récursif comme chez Fatas et Mihov (2001), ii) Un VARs identifié à la Blanchard et Perotti (2002). Les deux approches d'indentifications permettent une comparaison des résultats et une bonne compréhension des effets de court et de moyen terme de la politique budgétaire, et par conséquent évaluer le pouvoir stimulateur ou régulateur de la politique économique au Maroc.

4.1 VECTORIEL AUTOREGRESSIF REDUIT

Le modèle vectoriel autorégressif (VAR) sous sa forme réduite (canonique) se présente comme suit :

$$X_t = \mu_0 + A(L)X_{t-1} + U_t \quad (1)$$

Où :
- μ est le terme constant;
- $X_t = (G, Y, P, TA, R)$;
- A(L) polynôme de retard ;
- Le vecteur des résidus canoniques $U_t = (u_t^G, u_t^Y, u_t^P, u_t^{TA}, u_t^R)$, Avec $E(u_t) = 0$, $E(u_t, u_t') = \Sigma_u$, et $E(u_t, u_s') = 0$ pour tout $t \neq s$.

Le modèle (1) peut être estimé par la méthode des moindres carrées ordinaires ou la méthode de maximum vraisemblance. Toutefois, pour éviter des régressions fallacieuses, il faut ajouter un nombre suffisant de retards, car la spécification incorrecte du nombre de retards dans modèle le VAR peut entraîner des réponses impulsionnelles et une décomposition de la variance erronée. Pour déterminer le nombre de retard approprié, on se base sur les critères d'information d'Akaike (AIC) et Schwartz (SIC), mais aussi sur la théorie économique.

Tableau 3. Le retard optimal du VAR

	Retard 1	Retard 2	Retard 3	Retard 4	Retard 5	Retard 6
AIC	-15.16	-15.28	-15.29	-15.21	-15.32	-15.42*
SC	-14.35*	-13.80	-13.14	-12.39	-11.83	-11.25

Le VAR(p) approprié doit avoir le critère qui minimise la perte d'information. Selon le tableau ci-dessus, le nombre de retard approprié est de 6 selon le critère d'information d'Akaike, tandis que le SC indique un retard optimal de 1.

Puisque les critères d'information ne permettent pas de statuer sur un seul retard optimal, on choisit un retard de 4. Ce dernier permet d'éliminer la corrélation sérielle des données trimestrielles tout en captant plus de dynamique en comparaison avec un retard de 1 ou 2 par exemple. Mountford et Uhling (2005) suggèrent que lorsque le nombre de retard est élevé cela n'influence pas les résultats.

Toutefois, l'estimation du VAR réduit présente quelques limites. Il s'agit d'un modèle purement statistique et ses résidus canoniques ont peu de sens économique [5]. Par conséquent, des restrictions d'ordre théorique doivent être imposées. Dans ce cadre, deux méthodes d'identification sont largement utilisées par la littérature à savoir, la méthode récursive utilisée par Fatas et Mihov (2001), et la méthode d'identification de Blanchard et Perrotti (2002).

4.2 VECTORIEL AUTOREGRESSIF RECURSIF (RVAR)

Pour identifier les chocs de la politique budgétaire discrétionnaire, nous utilisons ici l'approche d'identification récursive basée sur la décomposition de Cholesky de la matrice variance covariance des résidus canoniques. Dans ce cadre, l'ordre des variables est d'une grande importance.

Comme la forme réduite des résidus $\mathrm{U_t}$ est souvent corrélée simultanément, il est nécessaire de les transformer en chocs structurels interprétables économiquement. Pour cela, on doit multiplier l'équation 1 par la matrice A_0, qui est une matrice diagonale. De cette manière, le choc structurel $\mathrm{e_t} = \mathrm{A_0 u_t}$n'est pas corrélé et peut être interprété économiquement. Ainsi, l'équation (1) devient :

$$\mathrm{A_0 X_t} = \mu_0 + \mathrm{A_0 A(L) X_{t-1}} + \mathrm{B e_t} \qquad (2)$$

$$\text{Avec } \mathrm{A_0 U_t} = \mathrm{B e_t} \qquad (3)$$

L'équation (3) nous donne la relation entre la forme réduite des résidus que nous observons et les chocs structurels e_t, que nous voulons identifier.Pour ce faire, les paramètres des matrices A_0 et B doivent être restreintes. Ainsi, la décomposition de Cholesky de la matrice de variance-covariance du VAR résiduel définit la matrice A_0comme une matrice triangulaire inférieure dont les éléments diagonaux sont égaux à un. Dans ce cadre, l'ordre des variables dans le modèle VAR est d'une grande importance.

Dans ce travail, on adopte le même ordre que celui de Fatas et Mihov (2001) et Caldara et al (2008) : i) les dépenses (G) ne réagissent pas simultanément dans le même trimestre à aucun choc des autres variables du modèle, ii) la production (PIB) répond simultanément à un choc de dépenses, iii) l'inflation (P) est affectée par un choc de dépense et de production, iv) les recettes (TA) répondent à un choc de dépenses, de production et d'inflation, v) le taux moyen pondéré subit les chocs de toutes les autres variables du modèle (R).

Dans l'équation (3), les éléments non diagonaux de la matrice B sont fixés à zéro, ce qui contraint les distributions structurels (chocs) e_t à ne pas être corrélées avec elles-mêmes. Cette hypothèse implique qu'il n'existe pas de corrélation sérielle entres les recettes et les dépenses.

Ainsi, l'équation $\mathrm{A_0 U_t} = \mathrm{B e_t}$ peut être représentée sous la forme matricielle suivante :

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\alpha_{gy} & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -\alpha_{gp} & -\alpha_{yp} & 1 & 0 & 0 \\ -\alpha_{gta} & -\alpha_{yta} & -\alpha_{Pta} & 1 & 0 \\ -\alpha_{gr} & -\alpha_{yr} & -\alpha_{pr} & -\alpha_{rta} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_t^g \\ u_t^y \\ u_t^p \\ u_t^{ta} \\ u_t^r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \beta_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \beta_{22} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \beta_{33} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \beta_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \beta_{55} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e_t^g \\ e_t^y \\ e_t^p \\ e_t^{ta} \\ e_t^r \end{pmatrix} \qquad (4)$$

Les α_{ij} indiquent comment la variable i répondent simultanément à un choc de la variable j. Avec ces restrictions sur les paramètres des matrices A_0 et B, le modèle est juste identifié.

4.3 L'APPROCHE D'IDENTIFICATION DE BLANCHARD ET PERROTTI

La méthode d'identification du VAR à la Blanchard et Perrotti(2002) et l'une des méthodes de références pour l'évaluation des effets des chocs budgétaires. Elle permet d'isoler les chocs structurels (chocs purs) contenus dans les chocs canoniques du VAR réduit. Ces chocs structurels peuvent être interprétés économiquement.

L'équation (3) ; $\mathrm{A_0 U_t} = \mathrm{B e_t}$nous permet le passage des chocs canoniques $U_t$aux chocs structurels e_t. Dans ce cadre Blanchard et Perrotti (2002) proposent le système ci-dessous.

$$\begin{cases} u_t^{ta} = \alpha_{ty} u_t^{y} + \alpha_{tp} u_t^{p} + \alpha_{tR} u_t^{R} + \beta_{tg} e_t^{g} + e_t^{ta} \\ u_t^{g} = \alpha_{gy} u_t^{y} + \alpha_{gp} u_t^{p} + \alpha_{gR} u_t^{R} + \beta_{gta} e_t^{ta} + e_t^{g} \\ u_t^{y} = \alpha_{yta} u_t^{ta} + \alpha_{yg} u_t^{g} + e_t^{y} \\ u_t^{p} = \alpha_{py} u_t^{y} + \alpha_{pta} u_t^{ta} + \alpha_{pg} u_t^{g} + e_t^{g} \\ u_t^{R} = \alpha_{Ry} u_t^{y} + \alpha_{Rp} u_t^{p} + \beta_{Rta} e_t^{ta} + \beta_{Rg} e_t^{g} + e_t^{R} \end{cases} \quad (5)$$

Pour identifier le modèle ci-dessus et déterminer les coefficients de la matrice A et B, il est nécessaire de respecter certaines étapes proposées par Blanchard et Perrotti (2002).Selon ces derniers, les innovations ou les résidus (u_t^gou u_t^T) des variables budgétaires peuvent être exprimés comme une combinaison linéaire des innovations des variables macroéconomiques et des innovations structurelles des variables budgétaires.

$$\begin{cases} u_t^{ta} = \alpha_{ty} u_t^{y} + \alpha_{tp} u_t^{p} + \alpha_{tR} u_t^{R} + \beta_{tg} e_t^{g} + e_t^{ta} \\ u_t^{g} = \alpha_{gy} u_t^{y} + \alpha_{gp} u_t^{p} + \alpha_{gR} u_t^{R} + \beta_{gta} e_t^{ta} + e_t^{g} \end{cases} \quad (6)$$

Etant donné que les résidus de la forme réduite u_j^isont corrélés avec les chocs structurelse_j^i il est impossible d'estimer les coefficients α_j^iet β_j^isans restrictions. Il est donc nécessaire d'estimer les élasticités contemporaines et les élasticités exogènes afin de construire les résidus de la forme réduite corrigés des variations cycliques (CA) pour les variables budgétaires.

$$\begin{cases} u_t^{ta,ca} = u_t^{ta} - \left(\alpha_{tay} u_t^{y} + \alpha_{tap} u_t^{p} + \alpha_{taR} u_t^{R}\right) = \beta_{tag} e_t^{g} + e_t^{ta} \\ u_t^{g,ca} = u_t^{g} - (\alpha_{gy} u_t^{y} + \alpha_{gp} u_t^{p} + \alpha_{gR} u_t^{R}) = \beta_{g\tau a} e_t^{ta} + e_t^{g} \end{cases} \quad (7)$$

Ensuite, si l'on suppose que la décision de collecte de recette vient avant la décision de dépense $\beta_{tag} = 0$ et l'équation (7) devient :

$$\begin{aligned} u_t^{ta,ca} &= e_t^{ta} \\ u_t^{g,ca} &= \beta_{gta} e_t^{ta} + e_t^{g} \end{aligned} \quad (8)$$

β_{gta} Peut être estimé par une régression à la MCO de$u_t^{g,ca}$ sur le choc estimé de la recettee_t^{ta}.

Il est à rappeler que puisque notre analyse porte sur l'évaluation des effets des chocs budgétaires, on s'intéresse surtout à identifier les chocs structurels de la 1ère équation (e_t^g) et la 4ème équation (e_t^{ta}) dans le système 5. Ces étapes conduisent à la construction des matrices A_0 et B qui sont utilisées pour calculer les fonctions de réactions impulsionnelles pour les chocs budgétaires.

4.4 DETERMINATION DES ELASTICITES EXOGENES

Dans cet article, le calcul des élasticités exogènes nécessaires à l'identification du VARs à la Blanchard et Perrotti, s'est fait à l'aide de l'estimation du modèle Log-Log par la méthode des moindres carrées ordinaires (MCO).

$$\log(y) = \beta_0 + \beta_1 \log(x)$$

Où β_1 mesure l'élasticité de x à y, le tableau ci-dessus récapitule l'ensemble des élasticités nécessaires à l'estimation de l'équation 1 et 2 du système.

Tableau 4. Elasticités exogènes de recettes

	PIB (Y)	**Prix (P)**
Recettes fiscales réelles (TA)	1,06	1,70

En plus des élasticités estimées, les éléments non diagonaux des matrices A_0 et B sont fixés en fonction des arguments économiques. Ainsi, $\alpha_{gy} = 0$; la réaction automatique des dépenses publiques à l'activité apparaît difficile à identifier, $\alpha_{gy} = -1$; une hausse du niveau des prix diminue la valeur réelle des dépenses. D'où l'élasticité négative. $\alpha_{rta} = 0$; la modification des taux d'intérêt n'affecte pas instantanément les recettes fiscales. $\alpha_{gr} = 0$; les dépenses budgétaires ne réagissent pas à une modification des taux d'intérêt.

Apres les restrictions théoriques imposées ci-dessus, notre VARs est juste identifié et les deux matrices A et B deviennent :

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ -\alpha_{gy} & 1 & 0 & -\alpha_{yta} & 0 \\ -\alpha_{gp} & -\alpha_{py} & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1.06 & -1.60 & 1 & 0 \\ -\alpha_{gr} & -\alpha_{yr} & -\alpha_{pr} & -\alpha_{tar} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_t^g \\ u_t^y \\ u_t^p \\ u_t^{ta} \\ u_t^r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \beta_{tag} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e_t^g \\ e_t^y \\ e_t^p \\ e_t^{ta} \\ e_t^r \end{pmatrix} \quad (9)$$

5 RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Pour apprécier les effets des chocs budgétaires (dépense et recette) sur l'activité économique, il s'agit dans cette section, d'analyser les fonctions de réactions impulsionnelles (IRF) et de calculer les multiplicateurs budgétaires. Dans ce cadre, les IRF sont captées à travers la représentation moyenne mobile du modèle VARs comme suit:

$$X_t = (1\text{-}A(L)^{-1})A^{-1}Be_t \quad (10)$$

Où A(L) est le polynôme de retard de la forme réduite et e_t le vecteur des chocs structurels.

Les chocs budgétaires structurels sont interprétés comme une augmentation en pourcentage de 1% de la variable budgétaire (G ou TA), alors que la variation en pourcentage de la variable cible (G, Y, P, TA, R) suite à un choc budgétaire est représentée par la fonction de réaction impulsionnelle (FRI) de cette variable. En outre, la réponse des variables cibles à choc budgétaire est jugée statistiquement non significative lorsque les bandes d'erreur des fonctions de réactions inclues la valeur zéro.

5.1 EFFETS D'UN CHOC STRUCTUREL DE DEPENSE

L'examen des fonctions de réactions impulsionnelles de la figure 1 montre que la production (Y) réagit positivement à un choc de dépenses (G). En effet, une augmentation de 1% des dépenses (G) engendre une hausse de la production de 0.003% avec un effet maximal de 0.012% dans le 8ème trimestre. Cette augmentation affiche une persistance de plus de 3 ans (soit 14 trimestre). Toutefois, cet effet n'est statistiquement significatif que sur la période allant du 6ème trimestre au 12ème trimestre (effet de moyen terme).

L'inflation (P) et le taux moyen pondéré (R) augmentent légèrement suite à un choc de dépense (G) générant ainsi des pressions inflationnistes. Toutefois, les IRF de l'inflation et du taux moyen pondéré (R) sont statistiquement non significatifs. Ceci-dit qu'une augmentation de dépense n'a pas un effet significatif sur les variables de la politique monétaire.

Les recettes fiscales (T) réagissent positivement à un choc de dépense (G). Cet effet positif s'estompe vers le 4ème trimestre, et statistiquement non significatif ; signifiant que l'augmentation des dépenses publiques n'implique nécessairement pas une collection importante des recettes fiscales.

En général, les réactions de la production(Y), de l'inflation (P), des recettes fiscales (T) et du taux d'intérêt (R) à un choc structurel de dépense (G) sont similaires selon les deux approches d'identification du VARs.

5.2 EFFETS D'UN CHOC STRUCTUREL DE RECETTE FISCALE

L'examen des fonctions de réactions impulsionnelles de la figure 2, montre qu'un choc de recettes fiscales (TA) affecte négativement la production (Y). L'augmentation des recettes de 1% exerce un effet négatif immédiat et maximal de -0.014% dans le 1er trimestre selon l'approche Blanchard et Perotti. Cet effet négatif persiste pour 7 trimestres. Dans ce cadre, L. Lankaoui et al (2007), et Anas Mosadak (2013) trouvent des résultats similaires pour le cas du Maroc. Les premiers à l'aide d'un VARs et le deuxième à l'aide d'un DSGE.

L'inflation (P) réagit négativement au choc de recette selon l'approche Blanchard et Perotti, cette réaction est statistiquement non significative selon le VAR récursif. Par conséquent, l'augmentation des recettes engendre un effet déflationniste suite à la baisse de la production (Y). Cette réaction négative est cohérente avec un ensemble de travaux empiriques examinés dans la section 2.

Le taux d'intérêt(R) réagit positivement à un choc de recette fiscale(TA) dans les 3 premiers trimestres. Cet effet s'estompe pour s'annuler vers le 4ème trimestre selon l'approche Blanchard et Perotti. Mais, cet effet n'est pas statiquement significatif. L'augmentation du (R) peut être expliquée par la réaction de la banque centrale qui pour face à la baisse de l'inflation (déflation)

fait augmenter les taux d'intérêt. De plus, la fiscalité agit directement sur les taux d'intérêt notamment la fiscalité indirecte qui peut augmenter le coût des crédits et augmenter ainsi les taux d'intérêt.

Suite à un choc de recette (TA), la réaction des dépenses (G) est positive avec une persistance de 8 trimestres (soit 2 ans). Ceci-dit, qu'au Maroc les dépenses sont généralement planifiées en fonction de la collecte des recettes. En d'autres termes, plus la collecte des recettes fiscales est importante, plus les décideurs dépensent.

En outre, les réponses de (Y), de (P) et de (R) suite à un choc de recette fiscale (TA) diffèrent selon les approches d'identification du modèle VARs. Caldara et al (2008) trouvent un constat similaire.

5.3 LES MULTIPLICATEURS BUDGETAIRES

Le modèle VARs permet aussi le calcul des multiplicateurs budgétaires, qui se définissent comme le ratio réponse de la production ($\Delta \mathrm{PIB}$)par rapport à la réponse de la variable budgétaire ($\Delta \mathrm{VB}$)suite à son propre choc. Dans ce cadre, et puisque nous nous intéressons cette fois-ci aux coefficients et non seulement aux interactions entre les variables, ces dernières sont entrées dans le modèle VARs en différence première avec $\mathrm{X_t} = (\Delta \mathrm{G}, \Delta \mathrm{Y}, \Delta \mathrm{P}, \Delta \mathrm{TA}, \Delta \mathrm{R})$.

La littérature empirique prévoit plusieurs types de multiplicateurs budgétaires tels que, le multiplicateur d'impact, le multiplicateur de pic et le multiplicateur cumulé. Lorsque le multiplicateur est supérieur à l'unité, la politique budgétaire est dite efficace au sens de Keynes. En revanche, quand le multiplicateur budgétaire estimé est inférieur à l'unité, l'augmentation des dépenses budgétaires est érodée partiellement.

Dans ce cadre, en s'inspirant du travail de Spilimbergo et al (2009), et pour obtenir des multiplicateurs budgétaires exprimés en unité monétaire (le dirham), il est nécessaire de corriger le ratio calculé directement à partir des fonctions de réaction impulsionnelles comme suit :

$$\text{Multilicateur Budgétaire d'impact} = \frac{\Delta \mathrm{PIB}_1}{\Delta \mathrm{VB}_1} \mathrm{X} \frac{\mathrm{PIB}}{\mathrm{VB}} \qquad \textbf{(11)}$$

- $\Delta \mathrm{PIB}_1$ est la réponse impulsionnelle du PIB suite à un choc budgétaire dans le 1er trimestre,
- $\Delta \mathrm{VB}_1$ est la réponse de la variable budgétaire suite à son propre choc dans le 1er trimestre,
- $\frac{\mathrm{PIB}}{\mathrm{VB}}$ est Le ratio moyen du PIB par rapport à la variable budgétaire (dépense ou recette).

De plus, le multiplicateur budgétaire cumulé est calculé à partir de la formule suivante. L'horizon de prévision est fixé à 20 trimestres (soit 5 ans) et ce, pour capter l'effet de court (1 ans) et de moyen terme (2 ans à 5 ans). Au-delà de 5 ans l'effet est qualifié par la littérature empirique de long terme.

$$\text{Multiplicateur Budgétaire cumulé} = \frac{\sum_{j=1}^{J} \Delta \mathrm{PIB_j}}{\sum_{j=1}^{J} \Delta \mathrm{VB_j}} \mathrm{X} \frac{\mathrm{PIB}}{\mathrm{VB}} \text{ Avec j=1….20 (trimestres)} \qquad (12)$$

L'analyse des multiplicateurs présentés dans le tableau ci-dessous indique que la politique budgétaire au Maroc affecte positivement l'activité économique à court et à moyen terme. Ainsi, le multiplicateur de dépense d'impact s'élève à 0.14 selon le VAR récursif et 0.09 selon le VARs à la Blanchard et Perotti. Cet effet atteint un niveau maximal de 0.88 vers le 20ème trimestre et 0.88 selon la première approche et 0.77 selon la 2ème approche.

Toutefois, le multiplicateur de dépense ne dépasse pas l'unité, signifiant que malgré l'effet stimulateur des dépenses budgétaires, la politique budgétaire n'est pas efficace au sens de la théorie Keynésienne qui selon le multiplicateur de dépense doit dépasser l'unité.

Tableau 5. Multiplicateur de dépense

	1erTrim	4ème Trim	8ème Trim	12ème Trim	16ème Trim	20ème Trim
Approche récursive	0,14	0,52	0,72	0,80	0,85	0,88
Identification de B et P	0,09	0,43	0,62	0,69	0,75	0,77

L'analyse du multiplicateur budgétaire de recette fait ressortir que la politique budgétaire agit négativement sur l'activité économique. Ainsi, le multiplicateur d'impact de recette s'élève à -1.20 (niveau maximal) et -0.92 vers dans le moyen terme. Ceci dit que la diminution des recettes fiscales est susceptible de stimuler l'activité économique plus qu'une augmentation des dépenses budgétaires.

Dans ce cadre, Blanchard et Perotti (2002) trouvent des multiplicateurs de recette entre de -0.7 et -1.3. Perotti (2004) pour les Etats unis trouve un multiplicateur de recette de moyen terme de -23.8. Simovic et al (2013) pour la Croatie trouvent un multiplicateur de recette de court terme de -1.32. D'autres travaux trouvent que les recettes fiscales affectent positivement la production. Ceci dit que les effets des recettes fiscales sur l'activité économique restent toujours ambigus.

A.G. GNIP (2014) suggère qu'il n'y a pas de consensus absolu sur les effets macroéconomiques de court terme de la politique budgétaire et que seules les dépenses budgétaires exercent un effet positif et significatif sur la production.

Dans notre travail, la comparaison des résultats du VAR récursif et du VARs à la Blanchard et Perotti, indique que le multiplicateur de recette est statistiquement non significatif selon l'approche récursive. Ceci-dit que les effets des recettes fiscales varient selon l'approche d'estimation utilisée et les résultats ne sont pas robustes aux différentes méthodes d'estimation.

Tableau 6. Multiplicateur de recette

	1er Trim	4ème Trim	8ème Trim	12ème Trim	16ème Trim	20ème Trim
Approche récursive	0	-0,16	-0,70	-0,30	-0,50	-0,39
Identification de B et P	-1,20	-1,01	-1,20	-0,92	-1,09	-0,92

6 CONCLUSION

Cet article évalue les effets macroéconomiques de court et de moyen terme de la politique budgétaire sur l'activité économique au Maroc sur la période allant de 1990 (T1) à 2015 (T4). En se référant à un ensemble des travaux empiriques de référence, le présent travail détermine comment un choc de dépense et de recette affecte l'activité économique au Maroc, à travers la production, le taux d'inflation et le taux d'intérêt. L'objectif en définitive étant d'évaluer le pouvoir stimulateur de cette la politique budgétaire.

Pour ce faire, ce travail s'est appuyé sur un modèle VARs linéaire de cinq variables, estimé et identifié selon deux approches : L'approche récursive utilisée pour la politique budgétaire par Fatas et Mihov en 2001, et l'approche-référence de Blanchard et Perotti (2002). Ce modèle permet de simuler l'effet d'un choc de dépense et de recette sur les variables représentant l'activité économique et par conséquent, nous permet de se prononcer sur le rôle économique de politique budgétaire.

Les estimations laissent dégager les principaux résultats suivants : i) un choc de dépense budgétaire exerce un effet positif sur la production surtout après le 6ème trimestre, ii) Le taux d'intérêt et l'inflation réagissent aussi positivement à choc de dépense, mais cet effet n'est pas statistiquement significatif. ii) Un choc de recette fiscale affecte négativement la production, l'inflation, tandis que le taux d'intérêt réagit positivement. En outre, iii) les multiplicateurs budgétaires calculés à partir des fonctions de réactions indiquent que le multiplicateur de dépense bien qu'il soit de signe positif ne dépasse pas l'unité. En revanche, iv) le multiplicateur de recette est de signe négatif et dépasse l'unité, indiquant ainsi que les recettes fiscales ont un impact plus prononcé en comparaison avec les dépenses.

Dès lors la politique budgétaire au Maroc sur la période 1990 à 2015, exerce dans le court terme un effet faible sur l'activité économique. En effet, pour les pays en développement la politique budgétaire ne joue pas un rôle économique important contrairement aux pays développés et industrialisés.

D'un point de vue analyse empirique, cet article peut faire l'objet d'un approfondissement à travers l'usage de la modélisation non linéaire à l'instar des modèles VAR à changement de régime, les modèles VAR à effet de seuil, les modèles VAR à transition lisse, pour évaluer et analyser les effets de la politique budgétaire sur l'activité économique. En effet, les modèles linéaires surtout la modélisation ne réussissent pas à capter les éventuelles asymétries et effets non linéaires de la politique budgétaire sur l'économie.

REFERENCES

[1] A. Spilimbergo, S. Symansky, M. Schindler, O. Blanchard, et C. Cottarelli, "Fiscal Policy for the Crisis", *IMF Staff Position Note*, SPN/08/11, International Monetary Fund, 2008.

[2] R. Hemming, M. Kell, et S. Mahfouz, "The Effectiveness of Fiscal Policy in Simulating Economic Activity- A Literature Review", *IMF Working Paper* No.02/208*,* 2002.

[3] A. Fatas, and I. Mihov, "The Effects of Fiscal Policy on Consumption and Employment : Theory and Evidence", *CEPR Discussion Paper No. 2760*, 2001.

[4] O. Blanchard, et R. Perotti, "An Empirical Characterization of the Dynamic Effects of Changes in Government Spending and Taxes on Output", *The Quarterly Journal of Economics,* vol*.* 117 No 4, pp. 1329-1368, 2002.

[5] D. Caldara, et C. Kamps, "What are the effects of fiscal policy shocks ? a VAR-based comparative analysis", *ECB Working Papers series,* No. 877, European Central Bank, 2008.

[6] A. Mountford, et H. Uhlig, "What Are the Effects of Fiscal Policy Shocks?", *SFB 649 Discussion Paper 2005-039*, Humboldt University. Berlin, 2005.

[7] R. Giordano, S. Momigliano, S. Neri, R. Perotti, "The effects of fiscal policy in Italy: Evidence from a VAR model", *European Journal of Political Economy*, vol.23, pp. 707-733, 2007.

[8] G. Elie, et B. Olivier, « Politique budgétaire et dynamique économique en France : l'approche VAR structurel », Economie et prévision, pp. 1-23, 2005.

[9] D. Castro, and D. Cos, P. H., "The economic effects of fiscal policy: The case of Spain". *Journal OF Macroeconomics*, 30 (3), pp. 1005-1028. 2008.

[10] K. Heppke-Falk, J. Tenhofen, G. B. Wolff, "The Macroeconomic Effects of Exogenous Fiscal Policy Shocks in Germany: a Disaggregated SVAR Analysis", *Discussion Paper, Series 1: Economic Studies, No 41/2006*, Deutsche Bundesbank, 2006.

[11] K. Karagyozova-Markova, G. Deyanov, et V. Iliev, « Fiscal Policy and Economic Growth in Bulgaria", *DISCUSSION PAPERS, DP/90/2013,* BULGARIAN NATIONAL BANK (2013).

[12] L. I. Lozano et K. Rodriguez, "Assessing the macroeconomic effects of fiscal policy in Colombia, Central Bank of Colombia", *Working Paper*, No. 552, 2009.

[13] L. Lankaoui et Y. Saidi. « La politique budgétaire-la liberalization financière et la dynamique économique au Maroc. L'approche VAR structurel ». *11èmes rencontres Euro-mediterraneennes. Le financement des économies des pays riverains de la Méditerranée*. 2007.

[14] S.B. Sliamne, M. B. TAHAR, et Z. Essid, "Effects of discretionary fiscal policy in Tunisia: A SVAR model investigation". *Topics in middle eastern and african economies*, vol.13, 2011.

[15] S. B. Sliamne et M. B. TAHAR. "Is Discretionary Fiscal Policy Effective? Evidences for Tunisia and Egypt", *Review of Economics & Finance*, pp. 81-96. 2012.

[16] A. Mosadak, « Monetary and Fiscal Policy in an Estimated DSGE Model for Morocco", *British Journal of Science*, pp. 1-17, 2013.

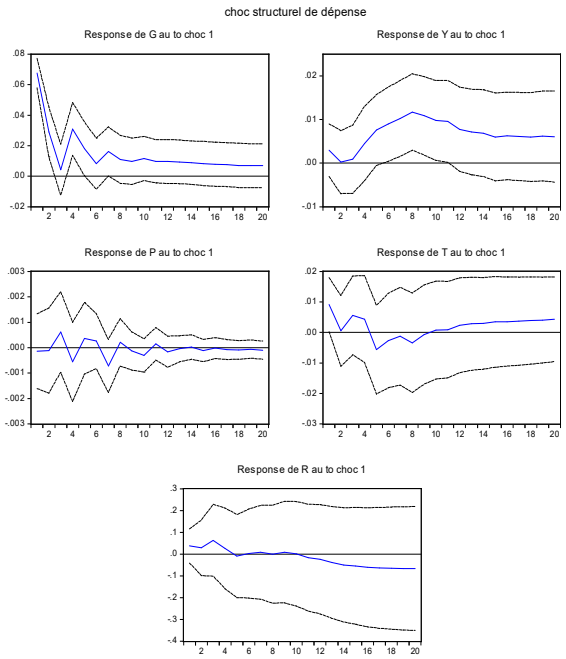
[17] A. Spilimbergo, S. Symansky, M. Schindler, « Fiscal Multipliers ». *IMF Staff position note*, 09/11, 2009.

[18] H. Simovic, et M. Deskar-Skrbic, "Dynamic effects of fiscal policy and fiscal multipliers in Croatia" Zbornik radova Ekonomskog fakulteta u Rijeci, pp. 55-78, 2013

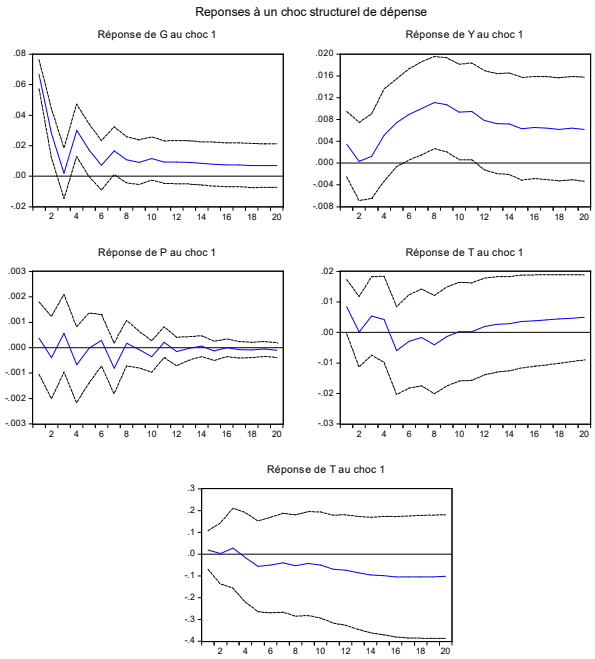
[19] A.G. GNIP. "The power of fiscal multipliers in Croatia", financial theory and practice, 38 (2), pp. 173-219. (2014).

ANNEXE 1 : RÉPONSES À UN CHOC STRUCTUREL DE DÉPENSE

VAR récursif

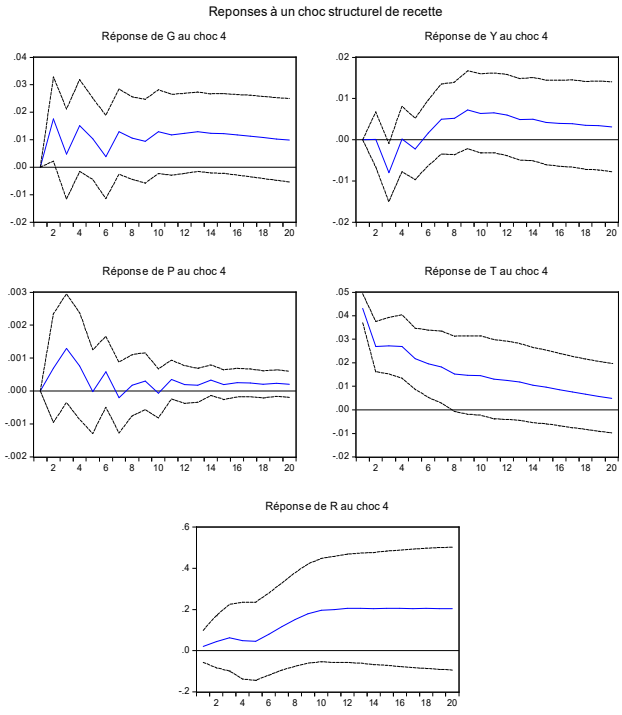


VARs (Blanchard et Perotti)

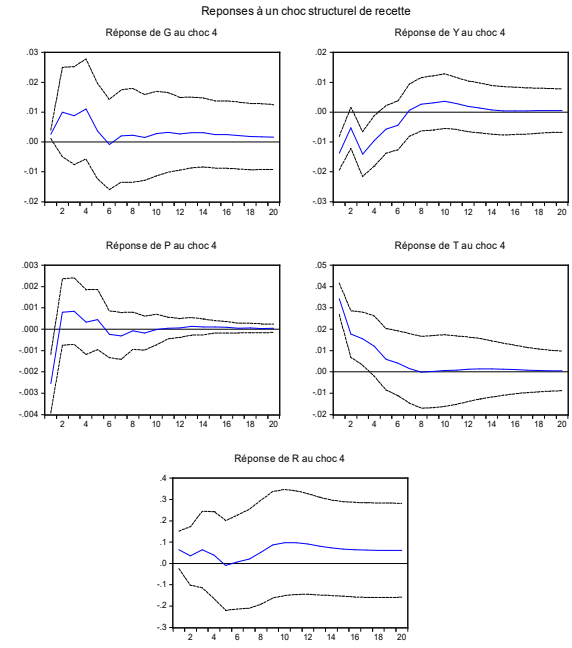


ANNEXE 2 : RÉPONSES UN CHOC STRUCTUREL DE RECETTE

VAR récursif

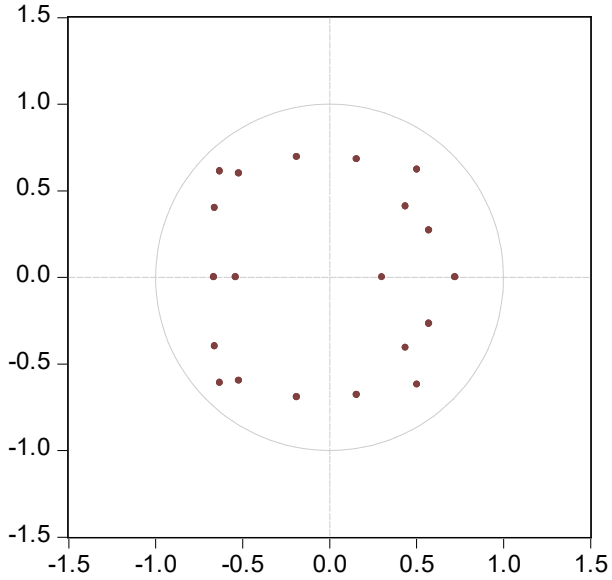


VARs (Blanchard et Perotti)

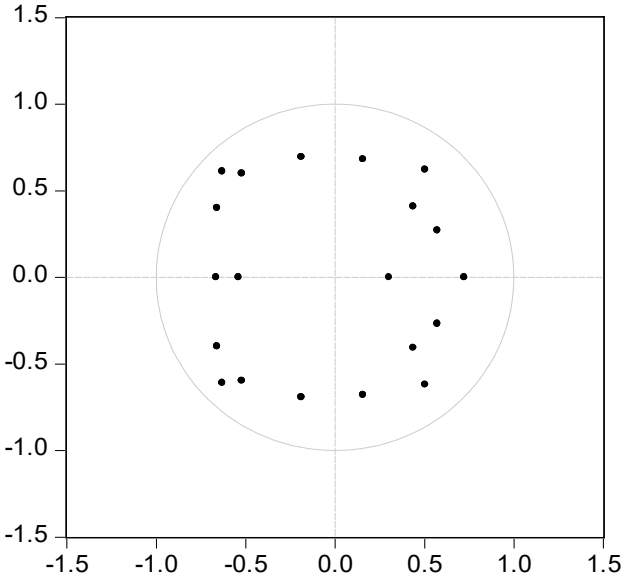


ANNEXE 3 : STABILITÉ DU MODÈLE VAR

VAR en niveau



VAR en différence



International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1475-1480
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

THE FINANCIAL SYSTEM AND ECONOMIC GROWTH IN MOROCCO THROUGH THE LENS OF FINANCIAL INTEGRATION : THEORETICAL DEBATE

ABDERRAZAK ELKILALI, LATIFA LANKAOUI, and CHEGRI BADREDDINE

Department of Economics and Management Sciences,
Faculty of Law and Economics,
Mohammed V University, Rabat, Morocco

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

ABSTRACT: A large body of evidence supports the hypothesis that financial development is a transmission channel of the financial integration-economic growth nexus. While less is known about the impact of financial integration on economic growth. My paper analyzes the analytical framework among financial integration, financial development and economic growth in Morocco as well as the transmission channels between the development of financial markets and economic growth on one side and on the other side between financial integration and economic growth.

KEYWORDS: Financial development, financial system, bank based financial development, Market based financial development, financial integration, saving-investment nexus.

1 INTRODUCTION

the financial markets have essentially ceased to operate anywhere in the world during the financial crisis. the price of many assets fell quickly and deeply, the central banks have reduced their rates of drastically and the situation has been characterized by great uncertainty. the crisis has aggravated then the nascent recession strongly, which has had a particularly severe on the economy of countries oriented toward the export.

1.1 INTEREST OF THE RESEARCH

The interest of this Article is to better understand the way in which the financial system affects the real economy or the reverse and through different channels of transmission ''. It is not intended to try to explain the evolution of financial markets as such or why the financial crises occur.

1.2 PROBLEMATIC OF RESEARCH

in what measures the structure of the financial system promotes Moroccan-t-it economic growth on the long term? , In other words, the degree of integration of the SF of the countries (particularly, banking) in the countries MENA and in Africa promotes-t-it a development of the growth of the GDP of Morocco? What financial system must -it then chooses for a better economic development in Morocco and a long-term economic growth? How to measure the degree of financial integration? To what extent the degree of integration in the financial system affects the economic growth?

1.3 HYPOTHESIS OF RESEARCH

There would be a link between finance and growth, this has been demonstrated by Gurley and Shaw(1955) and then by other authors , this general hypothesis of this research is the start of our analysis of the effects that have the markets , the

financial intermediaries and the financial structure on economic growth and by extension the Income , the savings and investment.

Our general hypothesis is the following: The exogenous components of the development of the financial sector are positively related to economic growth, this requires to know if the financial development has an indirect effect or not on economic growth.

On this, we are resuming the assumptions of the work of economists who are hitched to demonstrate these implications and measured their impacts on the economic growth. It is:

There is an impact of the development of the financial sector on the sources of economic growth including the private savings (Beck and others (2000)

- There is a positive link between financial structure and the Economic Development (Goldsmith 1969)
- Hypothesis of Financial Order: where economic growth follows the financial development.
- Assumption of the application: where the financial development follows economic growth.
- Bidirectional hypothesis: Where the financial development and economic growth strengthens the'has of the other.
- Hypothesis of Development: Where First, economic growth follows the financial development, then, financial development follows economic growth.
- The degree of in

1.4 RESEARCH METHODOLOGY

There is interested to the determinants of the TRIANGLE financial development-financial integration and economic growth, in this sense it is appropriate to identify what follows:

- The institutional determinants of financial development
- The determinants of the integration of the financial system
- The determinants of economic growth

2 LINKS BETWEEN FINANCIAL SYSTEM AND ECONOMIC GROWTH: DILEMMA OF FINANCIAL SYSTEMS ORIENTED BANKS OR STOCK MARKETS

The economic literature on the dilemma between financial development and growth and growth in financial development shows the existence of two groups, a group of economists who assert the existence of a relationship between financial development and economic growth (levine 2005) and a group of economists who reject this relationship such as (Robert lucas 1988), there are those who argue on the one hand that financial development is an essential factor for economic growth and on the other hand those who claim that it is growth that determines the level of financial development of the country.

3 BANKS AND FINANCIAL MARKETS IN MENA COUNTRIES

In the MENA countries, financial systems are dominated by banks and in some economies by state-owned banks, although privatization efforts have been undertaken. According to standard measures such as deposits held by the financial system or liquid liabilities to GDP, the size of the banking sector is quite large compared to the emerging markets of Latin America, East Asia or East of Europe. However, banks are less willing to allocate credit than in other regions, as evidenced by low credit rates on deposits or high collateral requirements for loans. Banks Focus on Relationships with Large, Well-Established Firms and Support Government Development Plans

4 CAUSALITY LINK BETWEEN FINANCIAL SYSTEM AND ECONOMIC GROWTH IN MOROCCO: LITERATURE REVIEW AND EMPIRICAL APPROACH

The relationship between financial sector development, commonly referred to as the financial system, and economic growth has received increasing attention, particularly over the past decade. This interest is largely driven by the growth of financial markets and the growing role of the banking sector in economic development. The importance of the financial system and economic growth also results from the greater synchronization of the financial system with the main macroeconomic indicators, such as the exchange rate and the interest rate, key parameters of several economic models, such as, among others:

exchange rate models and current account models, all of which have implications for economic growth. The empirical results of recent studies, both chronological and cross-sectional, corroborate earlier findings that the financial system promotes economic growth. For example, studies based on time series (see, for example, Bell and Rousseau, Campos, Luintel and Khan, Demetriades and Hussein, Kendall, Bordo and Rousseau, Odhiambo, Hasanov and Huseynov, find that the causality goes from the financial system However, one characteristic of this research stream is that the results tend to vary across countries, with the second group of studies on cross-section / panel data models (see, for example, Beck et al. Levine, Hassan, Cole, Chang, Zhang also found a positive role for the financial system in economic growth.

In a panel data framework, Narayan and Narayan, Ceccetti and Kharroubi and Arcand, Berkes and Panizza showed a positive relationship between the financial system and economic growth. In addition, a feature of the literature so far is that they have used estimation models that assume a linear process of data generation. However, there are studies that introduce non-linearity into the model by adding quadratic terms of the financial sector variables (see Cecchetti and Kharroubi and Beck et al.)

Although we consider the same research question, our approach to modeling this relationship is completely different from the existing literature, in that we use a non-parametric panel data model Our motivation for this approach is as follows: Most of the empirical research supports a positive relationship between the financial system and However, while there is no tension and conflict in this literature in terms of the role the financial system plays in economic growth, this literature has made a strong assumption in the estimation framework. : that variables and models are linear This case is an empirical problem, and this literature ignored re empirically the linearity of variables and models, particularly in the case of panel data models.

If the linearity assumption is rejected, it will cast doubt on the perceived relationship between the financial system and economic growth. However, two studies (Cecchetti and Kharroubi and Beck et al., Introduce nonlinearity into the model by introducing a quadratic term of the financial sector variable into the model and find it statistically significant) suggest that the relationship between the financial system and economic growth may not be linear, so we first test whether the variables are linear and whether a linear MCO-based model is appropriate for modeling the relationship between the financial system and economic growth.

As a result, we decide on the appropriate type of model, which means that there are two specific contributions to the literature on the relationship between the financial system and economic growth.

5 THE ROLE OF THE FINANCIAL SYSTEM IN ECONOMIC GROWTH: TRANSMISSION CHANNEL TEST

Given the aggravating effect of crises on income distribution in developing countries, the financial system plays a crucial role in economic development and income distribution. Therefore, developing countries must follow a path that would use the financial sector as an instrument to reshape income distribution for long-term success. This approach is supported by numerous empirical studies that have found that differences between countries in levels of financial development account for a considerable portion of the differences between countries in income inequalities between economies.

Moreover, levine has focused on a number of specific functions of the financial system including risk reduction; more efficient resource allocation; exercise corporate control; mobilize savings; To facilitate the exchange of goods and services, these functions of financial systems must also be critically examined as they form the basis of the inherent link between economic growth and financial development. Thus, this functional approach can be described as a means of assessing the causal link between the structure of the financial system, the services provided by financial systems, the productivity of the financial system and finally its impact on economic development, economic growth and the increase in per capita income.

To this end, the positive impact of financial development on economic growth depends on the essential functions of the financial system, the transmission mechanism and the channels through which finance operates. This whole systemic structure can be classified into three broad categories: Firstly a reduction of uncertainty and risk management; then the reduction of market friction, transaction costs and the cost of information - all act in the same way as technological progress, indirectly increases the productivity of the "real" economy through positive externalities and positive spillovers, and lately the direct effects of productivity and growth through the increase in the quality and quantity of savings, which has a positive impact on both domestic and foreign investment (Direct investment in foreigners attracted by a developed financial system).

6 FINANCIAL INTEGRATIONS AND THE CAUSALITY LINK BETWEEN FINANCIAL SYSTEM AND ECONOMIC GROWTH: THEORETICAL AND EMPIRICAL EVIDENCE

Recent transnational investigations into the financial system-economic growth link, show that financial development is an important determinant of economic growth (Levine, Rousseau). However, the financial integration effect on growth is still ambiguous. Edison argues that financial integration does not accelerate economic growth, even when special economic, financial, institutional and political characteristics are taken into account.

On the one hand, while reviewing some of the previous studies, Quinn and Toyoda show that capital account liberalization favors growth in both developed and developing countries. In addition, Rajan and Zingales propose a theory of interest group, which provides that the incumbents could fight against financial development. However, this opposition will be improved when an open economy is both a commercial and a capital market. They suggest that neither commercial opening alone nor the opening of the capital market alone is likely to favor financial development successfully.

Moreover, the contribution of this theory of Rajan and Zingales is important, but the evidence is limited. Due to limited availability of data they include only the twenty-four industrialized countries in their analysis. It is therefore impossible for them to take full advantage of the time series model and the panel data model and dynamic estimation techniques in order to explain the impact of openness on financial development. Demetriades investigated the causal link between trade openness, the opening of financial markets and financial development.

Moreover, Demetriades reach a conclusion that both types of openness favor financial development, it is a discovery that is compatible with the hypothesis of Rajan and Zingales. However, it suggests that the opening of a market without another does not necessarily have a negative impact on the development of the financial sector, which is a conclusion not shared by Rajan and Zingales. The results that financial development influences economic growth highlight a new question: Why do countries vary across the degree of financial development?

7 INTEGRATION OF THE FINANCIAL SYSTEM: HISTORICAL AND CONCEPTUAL APPROACH

Over the past two decades, all developed and developing countries have liberalized their financial systems, removed barriers to capital mobility and reduced the costs of financial intermediation. These developments have led to unprecedented integration of the domestic financial system around the world. Like other developing economies, Maghreb countries have implemented structural policies and modernized banking and financial regulation to strengthen their financial systems.

Over time, the development of a financial system reduces inefficiencies and market failures. In a well-functioning financial system, financial contracts, markets and intermediaries act to reduce the cost of acquiring information, executing contracts and completing transactions. Financial instruments and institutions, in turn, influence the allocation of financial resources within an economy for more efficient use of capital. Thus, a developed financial system is better equipped than an underdeveloped one to perform the following functions:

This paragraph aims to take stock of the factors and the obstacles to the integration of the financial system according to several axes of analysis: we analyze at first glance the factors and the obstacles to the integration of the financial markets and the banking sector, finally we emphasize progress and reforms for further development of financial system integration in developing countries.

8 ANALYSIS FRAMEWORK OF THE CAUSALITY LINK BETWEEN FINANCIAL DEVELOPMENT, INTEGRATION OF THE FINANCIAL SYSTEM AND ECONOMIC GROWTH

There is no universal definition of "financial integration". Nevertheless, the term generally encompasses concepts such as financial openness, the free movement of capital and the integration of financial services. Financial integration can be seen as a multidimensional process by which the allocation of financial assets becomes increasingly borderless. Financial integration refers to the liberalization of the movement of international capital and the integration of global financial markets. Developing countries, by adopting such a policy, have become an increasingly attractive destination for international investors. The latter find in these countries a higher return and a possibility of diversifying the risks. Financial integration is the process by which financial markets in an economy integrate more closely with those of other economies or those of rest of the world.

This implies an increase in capital flows and a price trend and returns on the financial assets traded in different countries to equalize. This figure describes the main transmission channels between the two links, in particular the link between financial development and economic growth and the link between financial integration and economic growth.

The degree of development of a financial system depends on the quality with which it performs its functions, that is, the quality with which it provides its services. Through the development of these functions, a financial system hypothesizes savings and investment decisions, contributes to the increase in factor productivity, and therefore influences a country's economic growth. How is this development measured? In principle, it is difficult to find indicators that show the quality with which a financial system performs its functions. For example, there are no direct indicators to measure the quality with which the financial system evaluates the corporate governance of a company. However, there are broadly disseminated indicators that, in a rough way, make it possible to compare the degree of financial development achieved by two countries, or the evolution of this development in the same country over time.

9 DEVELOPMENT OF FINANCIAL MARKETS AND GROWTH: THE EFFECT OF FINANCIAL INTEGRATION

Many documents suggest that the development of financial markets plays an important role in economic growth while promoting the mobilization of savings, while facilitating risk management, while promoting technology transfer and reducing costs of information and transaction. However, the effect of financial integration on growth remains an empirically controversial topic. How does financial integration work through the development of financial markets?.

In addition, earlier publications such as Allen and Ndikumana have reported a strong and positive relationship between financial development and economic growth in Africa. However, recent studies such as Bonfiglioli and Osada and Saito have emphasized the importance of considering two indirect effects of financial integration. First, financial integration negatively influences income growth, as it can increase the likelihood of a financial crisis and increase financial instability if financial markets are imperfect. Second, financial integration can foster economic growth by improving the depth of the financial system.

10 CHANNEL TRANSMISSION BETWEEN THE INTEGRATION OF THE FINANCIAL MARKET AND ECONOMIC GROWTH

Theoretical models have identified several channels through which international financial integration can help foster economic growth in the developing world, but empirically it has been difficult to find a strong causal dependence between financial integration and growth.

In addition, financial integration occurs if potential market participants are confronted with the same set of rules, have equal access to financial instruments and are treated equally when they are active in the market; domestic financial markets and institutions to foreign actors and domestic subjects to access foreign markets, remove borders for capital flows, remove barriers and discrimination of foreign actors, harmonize standards and law. The integration of international financial markets is becoming an increasingly powerful and economically significant process. This concerns several regions of the world - developing countries and developed countries as well.

The real effects of the integration of financial markets are widely discussed in the literature (Edison, Abiad, Leigh, Mody, Bonfiglioli, Kose, Kose, Prasad, Taylor, Kose et al., 2009, Babecky, Komárek, Komárková, Osada, Saito). The current literature identifies several direct and indirect channels through which the integration of financial markets can influence growth.

First, financial integration enables the fulfillment of the functions of financial systems at the international level. Financial surpluses can be invested more effectively when the effects of information and transaction costs are mitigated. Financial integration also allows for international risk sharing. Several forms of capital flows trigger the operation of different channels through which financial integration directly influences the real economy.

FDI flows affect several determinants of growth: investment decisions and thus capital stock, technological innovation and productivity, external debt securities allow for international risk sharing and efficient capital raising, foreign equity securities allow efficient allocation of capital. financial integration has a negative influence on the size of domestic savings because it creates more profitable allocation possibilities for these surpluses.

Second, financial integration also affects the real economy through indirect channels. It contributes to the development of national financial markets and boosts the volume of international trade. Both factors promote growth. Nevertheless, growing financial integration creates the risk of economic volatility and crisis transmission. This channel has particularly attracted attention after the last global financial crisis of 2007-2009.

11 CONCLUSION

After examining the theoretical literature on financial development, integration and economic growth, this article presents new evidence of the effects of financial integration. Although the results are often weak, the evidence suggests that there is indeed a positive relationship between the degree of financial integration and the depth of the domestic financial system. However, there is no evidence of the direct effect of financial integration on growth, after taking into account the depth of the domestic capital market. Therefore, it can be concluded that the beneficial effects of financial integration on economic growth feed primarily while promoting the development of the domestic financial system.

REFERENCES

[1] Levine, Ross, Norman Loayza, and Thorsten Beck, 2000. "Financial Intermediation and Growth: Causality and Causes," Journal of Monetary Economics, Vol. 46 (2000): pp. 31-77

[2] Levine, Ross, 2003. "More on Finance and Growth: More Finance, More Growth?" The Federal Reserve Bank of St. Louis.

[3] Rousseau, Peter L., and Paul Wachtel, 1998. "Financial Intermediation and Economic Performance: Historical Evidence from Five Industrialized Countries," Journal of Money, Credit and Banking, Vol. 30(4): pp. 657-678. And Rousseau, Peter L., and Paul Wachtel, 2000. "Equity Markets and Growth: Cross-Country Evidence on Timing and Outcomes, 1980-1995," Journal of Banking and Finance, Vol. 24 (2000): pp. 1933-1957.

[4] Edison, Hali J., Ross Levine, Luca Ricci, and Torsten Slok, 2002. "International Financial Integration and Economic Growth," Journal of International Money and Finance, Vol. 21: pp. 749-776.

[5] Quinn, Dennis P., and A. Maria Toyoda, 2008. "Does Capital Account Liberalization Lead to Growth?" The Review of Financial Studies, Vol. 21, Issue 3: pp. 1403-1449

[6] Rajan, Raghuram G., and Luigi Zingales, 2003. "The Great Reversal: The Politics of Financial Development in the Twentieth Century," Journal of Financial Economics, Vol. 69 (2003): pp. 5-50.

[7] Demetriades, Panicos O., 2008. "New Perspectives on Finance and Growth," Working Paper. No. 08/14.

[8] Baele L., Ferrando A., Hohrdahl P., Krylova E., Monnet C. (2004), Measuring financial integration in the euro area, ECB Occasional Paper, 14, Frankfurt.

[9] García-Herrero A., Wooldridge P. (2007), Global and regional financial integration: progress in emerging markets, BIS Quarterly Review, 09/07

[10] Edison H., Levine R., Ricci L., Sløk T. (2002), International financial integration and economic growth, Journal of International Money & Finance, 21(2), 749−776.

[11] Abiad A., Leigh D., Mody A. (2007), International finance and income convergence: Europe is different, IMF Working Paper, 07/67, Washington.

[12] Bonfiglioli A. (2008), Financial integration, productivity and capital accumulation, Journal of International Economics, 76(2), 337−355

[13] Kose M., Prasad E., Eswar S., Terrones M. (2009), Does openness to international financial flows raise productivity growth?, Journal of International Money & Finance, 28(4), 554−580.

[14] Kose M., Prasad E., Taylor A. (2009), Thresholds in the process of international financial integration, IZA Discussion Paper, 4133, Institute for the Study of Labor, Bonn.

[15] Kose M., Prasad E., Eswar S., Terrones M. (2009), Does openness to international financial flows raise productivity growth?, Journal of International Money & Finance, 28(4), 554−580.

[16] Babecký J., Komárek L., Komárková Z. (2010), Financial integration of stock markets among new EU Member States and the euro area, Warwick Economic Research Papers, 849, University of Warwick.

[17] Osada M., Saito S. (2010), Financial integration and economic growth: an empirical analysis using international panel data from 1974−2007, paper for the third annual workshop of the BIS Asian Research Networks held on March 26, 2010, http://www.bis.org/repofficepublarpresearch201003.13.pdf.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1481-1488
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Sleep Disorder Modelling Test: Theories and applications based on the multinomial logit model

Abdellatif ELLOUMI, Olfa Ben Amor Zegnani, and Abeljelil FARHAT

Faculty of Economic and Management Sciences, Mahdia, Tunisia

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

ABSTRACT: This study attempts to model a qualitative endogenous variable whose number exceeds two terms. We address the proper technique, which is the multinomial logit technique\model, to measure the impairment in sleep disorder in terms of the IAH. Then, a succinct description of the available data is provided. The main results achieved, applying the multinomial logistic regression, are expected and explained. The two variables (sex of the patient and Clinical snoring), exhibit very high coefficients in exponentials, which demonstrate their importance in distinguishing between the different categories (L, M and S). We propose a procedure for calculating rates of good rankings. In applying this procedure, we get a moderate rate of high good ranking. This positive output can be explained by the construction of the estimated values using the multi-class method in which these values were constructed using the conditional probabilities.

KEYWORDS: Biostatistics, help to the medical decision, sleep disorder, modelling of the qualitative variables, Multinomial Logistic Regression.

1 INTRODUCTION

In this paper, we attempt to model a qualitative endogenous variable whose number exceeds two terms. Henceforth, it is about a multinomial model or more particularly a model with a qualitative multinomial variable-i.e., polytomous. In the literature, and according to Amemiya (1981), three categories of multinomial models arise:

- multinomial models of intrinsic order ;
- multinomial models of natural sequence and
- Unordered multinomial models

In practice, and according to Hurlin (2003), the third aforementioned category (Unordered multinomial models) are the most frequently used models in the literature. Within this category, other various model sub-types are identified.

The most commonly used models are the multinomial logit model and the conditional logit model of McFadden (see McFadden (1984)) which include an extension of the binary logit studied in the previous chapter. These two models are easy to use, but they are problematic with regard to the assumption of the independence of irrelevant alternatives. Obviously, having encountered such a limitation, researchers (such as Bouthelier & Daganzo (1979) and Zeileis & Croissant (2010)) have developed alternative models, for instance the hierarchical logit model or the multinomial probit model. However, it must be noted that these latter require rather complex estimation techniques.

Given the inherently endogenous issue, we are going to present and apply the multinomial logit model ordered on a database that includes 256 patients (Tunisians) aged between 9 and 81 years old and observed from 2001 à 2010.

2 DATABASE DESCRIPTION AND METHODOLOGY EMPLOYED

Our database was built in 2012 in the department of functional Explorations of the Nervous System in the University Health Centre "Sahloul", Sousse, Tunisia[1].

2.1 DATA BASE VARIABLES

The definitions of the variables are mostly extracted from Baguet et al. (2003) and Brun et al. (2013) studies.

- Patient : name of the patient.
- Year : year of the exam.
- Age : patient's age during the exam.
- Sex : patient's gender (M ou F).
- Medical history : a medical list of probable diseases for each patient, presented with binary variables (0 or 1) as follows:
  - Diabetes : the diabetes is a disease in which the use and stocking of alimentary sugar is impaired by the human body resulting in an elevated levels of glucose in the blood: i.e. hyperglycemia.
  - Hypertension: a cardiovascular disease defined by a high arterial blood pressure.
  - Dyslipidemia (Dys) : which is an abnormal high or low concentration of lipids (triglycerides, cholesterol and/or fat phospholipids) in blood.
  - Cerebrovascular accident (CVA): the medical term known as Cerebrovascular accident (CVA) and referred to as a stroke. This disease is a sudden neurological impairment caused by a blockage or the rupture of a blood vessel in the brain.
  - Coronary artery disease (Core) : which means the impedance or blockage of one or more arteries that supply blood to the heart, usually due to the obstruction or hardening of the arteries.
  - Others: other medical records, such as depression, nasal obstruction, breast cancer, osteoarthritis...
- Weight: patient's weight in kg.
- Height : patient's height in cm.
- body mass index (BMI) : in kg/m^2. IMC =$\frac{Weight}{(Height)^2}$
- Clinical signs of snoring: a binary variable indicating whether the patient snores or not (0 or 1).
- Complaint about excessive daytime sleepiness: a binary variable indicating whether the patient is complaining about excessive daytime sleepiness. In theses cases, some patients fall asleep on a chair or while driving...
- The Epworth Sleepiness Scale (ESS): It's a variable constructed on the basis of responses to 8 questions scaled from 0 to 3. The ESS score (the sum of 8 item scores, 0-3) can range from 0 to 24. If the score is less than 10,that person's sleep propensity is considered to be normal.
- Migraine: morning headaches on awakening , mainly because not getting enough sleep.
- Asthenia (Asth) : physical weakness and loss of strength..
- the number of apneas (Nap) : frequency of breathing interruption
- Hypopnea rate: low respiratory rate.
- The apnea-Hypopnea Index (AHI) : is an index used to indicate the severity of sleep apnea.

$$IAH = \frac{Nap+Nhyp}{temps} \times 60.$$

In oursample study, we divided the endogenous variable (The apnea-Hypopnea Index (AHI)) into four sub-categories according to the sleeping disorder issue:

- N : None, when IAH < 5.
- M : Mild, when 5 $\leq$ IAH < 15.
- M : Moderate, when 15$\leq$ IAH < 30.
- S: Severe, when IAH $\geq$ 30.

[1]For further information, see professor "Mohamed DOGUI", head of department or doctor "Ridha BEN CHEIKH".

The first sub-category will be considered as a reference. We are basing our threshold support on the work of Meslier (2011).

2.2 DESCRIPTIVE STATISTICS OF THE DATABASE SELECTED VARIABLES.

Our sample encompasses 155 men and 101 women. The table below summarises the description of the remaining variables according to the number of the patients per category:

Table 1. Descriptive statistics of variables

Modality	Diab	HTA	Dys	AVC	Cor	Ant	IAH	Ronf
+ (oui)	38	67	24	5	9	82	152	214
- (non)	218	189	232	251	247	174	104	42

In order to avoid perfect multicolinearity amongst explanatory variables, we have already taken into consideration this criteria while selecting our variables. We have maintained a severe threshold of 50%, which means that only exogenous variables with the correlation coefficient less than or equal to 0, 5 are maintained. The following table illustrates the correlation matrix of the exogenous variables that are maintained in this study.

Table 2. The correlation matrix of the exogenous variables

Modality	Diab	HTA	Dys	AVC	Cor	Ant	Sexe	Ronf
Diab	1	0.28	0.20	-0.06	0.16	0.07	-0.20	0.07
HTA	0.28	1	0.33	0.17	0.22	0.01	-0.17	0.14
Dys	0.2	0.33	1	0.15	0.08	0.04	0.01	0.03
AVC	-0.06	0.17	0.15	1	0.13	-0.04	-0.06	-0.01
Cor	0.16	0.22	0.08	0.13	1	0.01	-0.02	0.03
Ant	0.07	0.01	0.04	-0.04	0.01	1	-0.01	-0.17
Sexe	-0.2	-0.17	0.01	-0.06	-0.02	-0.01	1	0.07
Ronf	0.07	0.14	0.03	-0.01	0.03	-0.17	0.07	1

We notice that there are no correlated variables to one other. The highest correlation coefficient is r^2(Dys;HTA) = 0, 33 < 0, 5. Henceforth, we can conclude that all of the maintained exogenous variables are independent of one another within our model. To further confirm these results, we have conducted multicolinearity tests of Farrar and Glauber (1968) (see Bourbonnais and Terraza (2008)). Having calculated the transformation of the determinant of the matrix of linear correlation coefficients, it was possible to derive a test statistic, which has H_0 (Chi square)(absence of a multicolinearity problem). It is about a test statistic of Farrar-Glauber. Inourcase, the P-value = 0,013756 < 0,05. We accept the null hypothesis of then dependence of variables.

The selection results of the variables in our sample were unexpected. We anticipate that other variables would be more discriminatory in the model, mainly the age and the weight of the patient. However, it is not the case with our sample.

3 THE CHOICE OFMETHODOLOGY

According to Bourbonnais and Terraza (2008), when the dependant variable is qualitative or categorical, the linear regression model is inappropriate. The existence of several categories would automatically create variance classes resulting in heteroscedasticity error problems. The third assumption of Gauss is violated. Hence, another alternative should be sought which is « the logistic regression ». In this paper, we present and employ the logit multi-classes model.

3.1 THE MULTINOMIAL LOGIT MODEL

In this study, we present and put onto practice the ordered multinomial model which is exposed and explained by Zeileis and Croissant (2010). The choice of the « ordered » type is dictated by the nature of our database. The endogenous variable ("The apnea-Hypopnea Index (AHI)") is a measure that ranges from 0 to 150. We can hereafter deconstruct it in intervals. The

polytomic univariate ordered model is a model whose variable includes many modalities and a preferred order among those different modalities. We suppose that the modalities are the same for all individuals:

$$m_i = m, \forall\, i = 1, \dots, N$$

A model is written under the following form:

$$y_i = \begin{cases} 0\ si y_i^* < c_1 \\ 1\ si c_1 \le y_i^* < c_2 \\ \vdots \\ m si y_i^* > c_m \end{cases}, \forall i = 1, \dots, N\ (1)$$

With $c_{j+1} > c_j$ and the latent variable y_i^* is defined by :

$$y_i^* = x_i\beta + \varepsilon_i \forall i = 1, \dots, N\ (2)$$

Saliba et al. (2007) confirm that, if the distribution function F(x) follows the logistic function, the model is necessarily a multinomial ordered logit model. Whereas, if the distribution function F(x) follows the standard normal distribution, the model in question is naturally an ordered probit multinomial model.

In practice , such class structuring on y_i^* does make sense only if the number of classes is relatively weak (in our case 4). Subsequently, the distribution is certainly logistic.

Our study is based on the latter definition, we can derive the distribution of observed qualitative variable yi which would serve us later for the plausibility functional construction. For i = 1, …, N we have :

$$\begin{cases} \boldsymbol{Prob(y_i = 0) = Prob(y_i^* < c_1) = F\left(\frac{c_1}{\sigma_\varepsilon} - \frac{x_i\beta}{\sigma_\varepsilon}\right)} \\ \boldsymbol{Prob(y_i = 1) = Prob(c_1 \le y_i^* < c_2) = F\left(\frac{c_2}{\sigma_\varepsilon} - \frac{x_i\beta}{\sigma_\varepsilon}\right) - F\left(\frac{c_1}{\sigma_\varepsilon} - \frac{x_i\beta}{\sigma_\varepsilon}\right), \forall i = 1, \dots, N\ (3)} \\ \vdots \\ \boldsymbol{Prob(y_i = m) = Prob(y_i^* > c_m) = 1 - F\left(\frac{c_m}{\sigma_\varepsilon} - \frac{x_i\beta}{\sigma_\varepsilon}\right)} \end{cases}$$

Which could be written in the following general form:

$$Prob(y_i = j) = F\left(\frac{c_{j+1}}{\sigma_\varepsilon} - \frac{x_i\beta}{\sigma_\varepsilon}\right) - F\left(\frac{c_j}{\sigma_\varepsilon} - \frac{x_i\beta}{\sigma_\varepsilon}\right)\ (4)$$
$$O\grave{u}\ i = 1, \dots, N\ et\ j = 1, \dots, m$$

Conventionally, with, $c_0 = -\infty\ et\ c_{m+1} = +\infty$.

Then, in order to construct the plausibility associated with the sample y, and according to the work of Balakrishnan (1990) and Guisan et al. (2002), we call upon, as we used to, to Lagrangian as follows :

$$\mathcal{L}(y, \beta, c_1, \dots, c_m, \sigma_\varepsilon) = \prod_{i=1}^{N}\prod_{j=1}^{m_i}\left[F\left(\frac{c_{j+1}}{\sigma_\varepsilon} - \frac{x_i\beta}{\sigma_\varepsilon}\right) - F\left(\frac{c_j}{\sigma_\varepsilon} - \frac{x_i\beta}{\sigma_\varepsilon}\right)\right]^{y_{ij}}$$

Where we are able to define the binary variable c_{ij} as follows :

$$y_{ij} = \begin{cases} 1\ if\ y_i = j \\ 0\ ot\ erwise \end{cases}, \forall i = 1, \dots, N\ et\ \forall j = 1, \dots, m\ (6)$$

Generally, we can only identify the following parameters:

$$\tilde{\beta} = \frac{\beta}{\sigma_\varepsilon}\ et\ \tilde{c_j} = \frac{c_j}{\sigma_\varepsilon}$$

Thereafter, we can explain the plausibility in terms of the following parameters:

$$\mathcal{L}(y, \tilde{\beta}, \tilde{c}_1, \dots, \tilde{c}_m) = \prod_{i=1}^{N}\prod_{j=1}^{m_i}\left[F(\tilde{c}_{j+1} - x_i\tilde{\beta}) - F(\tilde{c}_j - x_i\tilde{\beta})\right]^{y_{ij}}\ (7)$$

Finally, it is sufficient to maximise the plausibility-log function in $\tilde{\beta}, \tilde{c}_1, \dots, \tilde{c}_m$ to find the maximum likelihood estimators. The estimators properties are identical with those studied in the dichotomous univariate model. Add to that, we also assume the threshold parameters c_j:

$$\hat{\beta} = \arg\max_{\{\tilde{\beta}\}}\left[\ln \mathcal{L}\left(y, \tilde{\beta}, \tilde{c}_1, \dots, \tilde{c}_m\right)\right] \quad (8)$$

$$\hat{c}_j = \arg\max_{\{\hat{c}_j\}}\left[\ln \mathcal{L}\left(y, \tilde{\beta}, \tilde{c}_1, \dots, \tilde{c}_m\right)\right] \quad (9)$$

With $L\left(y, \tilde{\beta}, \tilde{c}_1, \dots, \tilde{c}_m\right) = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{m_i} y_{ij} \ln\left[F\left(\tilde{c}_{j+1} - x_i\tilde{\beta}\right) - F\left(\tilde{c}_j - x_i\tilde{\beta}\right)\right]$ (10)

Where F(.) is a given distribution function.

The very first applications of the ordered qualitative multinomial models were with Gurland et al. (1960) used for an insecticidal dosage as well as David and Legg (1975) for a real estate acquisition. In his article, Amemiya (1981) identifies two good examples of economic problems to which this modelling is adjusted.

The first is applied in the favourite/popular domain of the earlier applications of the qualitative models namely the bio-econometrics. It is about Gurland et al's study (1960). The researchers have sought to model the individual tolerance in y_i^* product depending on an insecticide dosage x_i sprayed on an i^{th} individual. The researchers (ibid.) assume that the observed variable y_i, which indicates the insect status, can take three probable values. The number of modalities is: $m = 3\ for\ \forall i = 1, \dots, N$. The possible values are:

$$y_{i=}\begin{cases} 0\ si\ \ y_i^* > x_i + \delta \\ 1\ si\ x_i < y_i^* \leq x_i + \delta \\ 2\ si\ y_i^* \leq x_i \end{cases}$$

As the values undertaken by the multinomial variable are: ($y_i = 0, 1, 2$), belonging to one of these modalities is fixed by size criteria (based on thresholds). This is clearly an ordered polytomic model.

The second example, which is broader in response to exogenous variables, is the fruit of David and Legg's labour (1975). The researchers have looked for modelling the real estate price based on a certain number of exogenous variables (the size of the property, the purchaser's age, the purchaser's income, number of years of the purchaser's education…). The authors present the data as follows: If a property is acquired, its price is unobservable. Only if it belongs to one of the three categories of the possible prices can it be observable. Given the inherent nature of the used data, the model is presented in the following way:

$$y_{i=}\begin{cases} 0\ si\ \ y_i^* < c_1 \\ 1\ si\ c_1 \leq y_i^* < c_2 \\ 2\ si\ y_i^* > c_2 \end{cases}$$

Once more, the values assumed by the property price are: ($y_i = 0, 1, 2$). And belonging to one of these modalities is fixed by size criteria (based on thresholds). It is clearly an ordered polytomic model.

4 RESULTS

In the table below, we present the list of the maintained variables in the logistic regression based on the categories.

Table 3. List of the maintained variables in the logistic regression based on the categories

Variable	Modality	P : (IAH < 5)	L : (5 ≤ IAH < 15)	M : (15 ≤ IAH < 30)	S : (IAH ≥ 30)
Diab	0	90	21	11	96
	1	15	4	7	12
HTA	0	83	20	10	76
	1	22	5	8	32
Dys	0	98	24	16	94
	1	7	1	2	14
AVC	0	103	25	18	105
	1	2	0	0	3
Cor	0	104	24	15	104
	1	1	1	3	4
Ant	0	56	19	12	87
	1	49	6	6	21
Sexe	0	55	14	8	24
	1	50	11	10	84
Ronf	0	41	1	0	0
	1	64	24	18	108

While applying the multinomial logistic regression using the "nnet" package under a free-licence of the software "R" (see Venables and Ripley (2002)), we end up with a procedure convergence after 40 iterations and we obtain the following results:

- First, the plausibility log is 222,831284 starting from a value of 354,891356.
- For the « mild » category, marked by "cat = L", we obtain :

$$\ln\left(\frac{p(L)}{p(P)}\right) = -\underbrace{3.385}_{(1,102)} + \underbrace{0.026}_{(0,688)} Diab - \underbrace{0.438}_{(0,645)} HTA - \underbrace{0.314}_{(1,225)} Dys - \underbrace{13.122}_{(1,4\times10^{-6})} Avc + \underbrace{3.175}_{(2,298)} Cor - \underbrace{0.919}_{(0,536)} Ant - \underbrace{0.0535}_{(0,496)} Sexe + \underbrace{2.819}_{(1,087)} Ronf \quad (11)$$

For the « moderate » category, marked by "cat = M", we obtain :

$$\ln\left(\frac{p(M)}{p(P)}\right) = -\underbrace{25.179}_{(0,309)} + \underbrace{0.907}_{(0,684)} Diab + \underbrace{0.611}_{(0,647)} HTA + \underbrace{0.031}_{(1,016)} Dys - \underbrace{13.097}_{(2,4\times10^{-6})} Avc + \underbrace{4.157}_{(2,328)} Cor - \underbrace{0.505}_{(0,595)} Ant + \underbrace{0.934}_{(0,618)} Sexe + \underbrace{23.03}_{(0,309)} Ronf \quad (12)$$

For the « mild » category, marked by "cat = L", we obtain:

$$\ln\left(\frac{p(S)}{p(P)}\right) = -\underbrace{21.369}_{(0,171)} - \underbrace{0.436}_{(0,537)} Diab + \underbrace{0.374}_{(0,429)} HTA + \underbrace{0.869}_{(0,682)} Dys + \underbrace{0.472}_{(1,678)} Avc + \underbrace{3.016}_{(2,312)} Cor - \underbrace{1.399}_{(0,382)} Ant + \underbrace{1.659}_{(0,381)} Sexe + \underbrace{21.117}_{(0,171)} Ronf \quad (13)$$

Where : (.) : The estimated standard deviation of the estimated coefficient, Residual Deviance = 445.6626 et AIC = 499.6626

We take as an example, the « snoring » variable; the increase in this variable unit is associated with the increase of odds ratio in the « L » class compared to "P" class of 2, 819 units.

In other words, a patient who has a mild sleep disorder is 2,819 times more likely to snore than a patient who has no sleep disorder problems.

According to Colonna (2006), the ratio reporting the probability of choosing a results' category rather than choosing a reference category is often labelled the relative risk. We have applied the coefficient exponentials of our model to see these risk ratio. We note that the two variables (sex and snoring) have very high exponential coefficients, which proves their importance in distinguishing between the different categories (L, M et S).

We can also use the predicted probabilities to better understand the model. We can calculate the assumed probabilities for each of our results' levels using the function "Fitted" under "R" (see Chambers (2008)). We can start by generating the assumed probabilities for the observations in our set of data package and in the frontlines display:

Table 4. Extrait des probabilités prédites

Number	P	L	M	S
1	0.1689417	0.09103106	0.05014657	**0.6898807**
2	0.6718369	0.15211878	0.04728530	0.1287590
3	0.6432986	0.09402770	0.08338925	0.1792845
4	0.4318418	0.09402770	0.1916263	0.2813199
5	0.3408814	0.04727244	0.1124888	0.4993573
6	**0.9935014**	0.00649859	$3.276385e^{-11}$	$2.881610e^{-10}$

By examining this output result sample, we take for instance the first and the last (1st and 6th patient in the database):

- The first is a patient whose IAH = 47, so he belongs to class "S". This explains the high probability "0.6898807" to belong to this category rather than others.
- The last patient whose IAH = 0, belongs to class "P", which explains the high probability"0.9935014" to belong to this category rather than others.

In the literature, we have found a criterion for rate construction of top ranking to this method. Henceforth, we suggest the following procedure:

1. Using the function "Fitted" under "R" (see Chambers and Hastie (1992)). We obtain the probability of belonging to each group.
2. Comparing the probability for each patient while keeping the highest probability.
3. We suggest that the patient belongs to the class whose probability is the highest.
4. Thus we know the actual and estimated classes.

We can sum up the results in the table below:

Table 5. Rate of top rankings

Class	P	L	M	S	Total
Actual	105	25	18	108	256
Estimated	91	23	15	96	225
TBC / Class	86.67%	92%	83.33%	88.89%	87.89%

We note that we have a good rate of moderate top rankings (87,89%).

5 CONCLUSION

In this paper, we have adopted the multinomial logit technique whilst measuring the impairment in sleep disorder in terms of the IAH. The main results obtained are expected and explained.

The two variables (patient's gender and snoring)have very high exponential coefficients, which proves their importance in distinguishing between the different categories (L, M et S).

We suggest a calculating procedure of good ranking rates. While applying the latter, we obtain a moderate rate of high good ranking. This positive outcome can be further explained by the construction of estimated values through the multi-class method in which we construct the former using conditional probabilities.

REFERENCES

[1] T. Amemiya, “Qualitative response models : A survey”, Journal of Economic Litterature, vol. 19, no. 4, pp1483–1536, 1981.

[2] C. Hurlin, "Econométrie des variables qualitatives. chapitre 2. Modèles multinomiaux. modèles logit multinomiaux ordonnées et non ordonnés", Technical report, Université d’Orléans, 2003.

[3] D. McFadden, “Chapter 24 econometric analysis of qualitative response models” vol. 2 of Handbook of Econometrics, pp 1395–1457. Elsevier, 1984.

[4] F. Bouthelier and C. F. Daganzo, “Aggregation with multinomial probit and estimation of disaggregate models with aggregate data : A new methodological approach”, Transportation Research Part B : Methodological, vol. 13, no. 2, pp 133–146, 1979.

[5] A. Zeileis, and Y. Croissant, "Extended model formulas in r : Multiple parts and multiple responses”, Journal of Statistical Software, vol. 34, no. 1, pp 1–13, 2010.

[6] J. P. Baguet, J. L. Pépin, L. Hammer, P. Lévy and J. M. Mallion, "Conséquences cardiovasculaires du syndrome d’apnées obstructives du sommeil", La Revue de Médecine Interne, vol. 24 no. 8, pp 530–537, 2003.

[7] J. F. Brun, C. Fedou, M. Desplan, A. Avignon and J. Mercier, "Évaluation d’un dépistage du syndrome d’apnées et hypopnées du sommeil chez des patients diabétiques et/ou obèses par RU sleeping", Médecine du Sommeil, vol. 10 no. 2, pp 62–63, 2013.

[8] N. Meslier, "Syndrome d’apnées et hypopnées obstructives du sommeil et diabète de type 2. interactions réciproques", Médecine du Sommeil, vol. 8, no. 1, pp 21–31, 2011.

[9] R. Bourbonnais and M. Terraza, "Analyse des séries temporelles, 2e édition", Dunod, Paris, 2008.

[10] B. Saliba and A. Paraponaris and B. Ventelou, “Situations à l’égard du travail des personnes atteintes de maladies chroniques", Revue d’Épidémiologie et de Santé Publique, vol. 55, no. 4, pp 253–263, 2007.

[11] N. Balakrishnan, "Approximate maximum likelihood estimation for a generalized logistic distribution”, Journal of Statistical Planning and Inference, vol. 26, no. 2, pp 221–236, 1990.

[12] A. Guisan and T. C. J. Edwards and T. Hastie, “Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions : setting the scene”, Ecological Modelling, vol. 157, no. 2–3, pp 89–100, 2002.

[13] J. Gurland and I. Lee and P. Dahm, “Polytchotomous quantal response in biological assay”, Biometrics, pp 382–388, 1960.

[14] J. M. David and W. E. Legg, “An application of multivariate probit analysis to the demand for housing”, Journal of Business and Economic Statistics, pp 295–300, 1975.

[15] W. N. Venables and B. D. Ripley, “Modern Applied Statistics with S. Fourth edition”, Springer, New York, 2002.

[16] M. Colonna, "Influence des paramètres a priori dans l’estimation bayésienne de risques relatifs. analyse spatiale du cancer de la vessie dans l’agglomération grenobloise", Revue d’Épidémiologie et de Santé Publique, vol. 54, no. 6, pp 529 – 542, 2006.

[17] J. Chambers, "Software for Data Analysis : Programming with R", Springer, New York, 2008.

[18] J. M. Chambers and T. J. Hastie, “Statistical models in s”, Technical report, Wadsworth & Brooks-Cole, 1992.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1489-1496
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

ANALYSE ECOLOGIQUE DE LA NOTION D'EQUATION DANS LES PROGRAMMES DE MATHEMATIQUE EN PREMIERE ANNEE SECONDAIRE

Jean-Marie KAPENGA KAZADI NTUNDULA

Professeur associé, Département de Mathématique & Informatique, Université Pédagogique Nationale, RD Congo

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

ABSTRACT: Dans cet article, il est mené une analyse écologique de la notion d'équation dans les programmes de mathématique de 1983 et de 2005 pour la classe de première année secondaire. Elle recherche les habitats et les niches de l'objet de savoir « équations » dans les programmes de 1983 et de 2005. .

KEYWORDS: Programme, objet de savoir, équation, rapport personnel, rapport institutionnel, habitat, niche.

1 INTRODUCTION

Lorsqu'un enseignant prépare son cours, le premier document de référence auquel il recourt est le programme. En effet, ce document indique avec précision, dans un premier temps, ce que le professeur est tenu de faire, en termes de contenu de matières à enseigner et de directives méthodologiques.

L'analyse d'un programme, produit de la noosphère[1], permet d'identifier un rapport institutionnel à un objet de savoir O à enseigner, attendu dans l'institution scolaire. Dans le cadre de cette étude, elle permet de mettre en évidence le rapport institutionnel à l'objet de savoir équations dans la classe de première année secondaire. Cette analyse permet aussi et surtout de mettre en évidence un « système de conditions et de contraintes » auxquelles tout enseignant est soumis. Ainsi le rapport personnel d'un professeur à cet objet de savoir va se forger « sous la contrainte du rapport institutionnel » (Chevallard, 1992, p. 89) à ce même objet. La liberté de chaque enseignant, dans ce cadre, est alors définie de la manière suivante :

« *Une personne X est assujettie à une foule d'institutions. Je poserai ici l'axiome qu'une personne n'est en fait rien d'autre que l'émergent d'un complexe d'assujettissements institutionnels. Ce qu'on nomme « liberté » de la personne apparaît alors comme l'effet obtenu en jouant un ou plusieurs assujettissements institutionnels contre d'autres. »* (Ibid., p. 91).

Plus précisément, ce sont les outils de l'approche écologique du didactique qui, à partir d'une analyse du « texte du savoir », permettent d'identifier le rapport institutionnel à l'objet de savoir en position d'enseignant :

« […] *l'analyse écologique du texte d'enseignement* […] *permet l'exploration de la clôture institutionnelle de l'univers du savoir enseigné, et consiste en l'analyse des interrelations entre objets, sous-objets et sur-objets présents dans le texte d'enseignement, afin de mettre en lumière, notamment leurs habitats et leurs niches écologiques, les niveaux trophiques, etc. C'est alors à ce niveau que peut être posé le problème de l'identification des objets institutionnels et de l'analyse du contenu des rapports institutionnel et officiel à un objet O^s et de leur évolution* […].» (Ibid., p.233)

[1] La noosphère est la « sphère où l'on pense le fonctionnement didactique » qui est constitué des « représentants du système d'enseignement » et des « représentants de la société » (Chevallard, 1981).

Quelques concepts de la Théorie anthropologique du didactique (TAD) et de l'Ecologie des savoirs

La TAD s'appuie sur trois termes primitifs : les objets (O), les personnes (X) et les institutions (I).

Chevallard considère que tout objet, en particulier, toute œuvre, c'est-à-dire tout produit de l'activité humaine est *objet*.

Un *objet* O existe dès lors qu'une personne ou qu'une institution reconnaît cet objet comme existant pour elle, ou de façon plus précise s'il existe un *rapport personnel* de X à O [noté R(X, O)] ou un *rapport institutionnel de I à O* [noté R(I, O)]. Ainsi, un objet n'existe que parce qu'il est connu d'une personne (ou d'une institution), il n'existe qu'en tant qu'objet de connaissance.

La *personne* est définie comme le couple formé par un individu X et le système de ses rapports personnels R(X, O). Lorsqu'une personne entre dans une institution didactique, son rapport personnel à un objet de savoir O^s s'établit (s'il n'existait pas auparavant) ou se modifie (s'il existait déjà) sous la contrainte du rapport institutionnel à cet objet. Chevallard décrit le lien entre les individus et les institutions en termes d'assujettissement. Etre sujet d'une institution, cela veut dire à la fois être soumis à l'institution et soutenu par elle. Une personne peut être sujet de plusieurs institutions.

Une *institution* est donc un dispositif social « *qui permet* – et *impose – à ses sujets (personnes), la mise en jeu de manières de faire et de penser propres »*. De manière générale, le rapport institutionnel met l'accent sur ce qui se fait avec l'objet et explique comment l'objet doit être mis en œuvre ou encore, en termes plus imagés, il est ce qui apparaît quand on observe le « destin » de l'objet de l'institution (Chevallard cité par Ravel, p.18).

Artaud (1997) soutient que le questionnement écologique était présent dès les premières études sur les processus transpositifs. La théorie de la transposition didactique distinguait déjà trois grands ensembles de conditions permettant aux mathématiques d'exister dans le système d'enseignement :

« *Tout d'abord, les mathématiques enseignées doivent être compatibles avec leur environnement social, en particulier avec la sphère de production des mathématiques, d'une part, avec l'institution des « parents » d'autre part. Ensuite, les mathématiques enseignées doivent pouvoir être présentées séquentiellement, les notions mathématiques se succédant sur l'axe temporel linéaire du temps didactique (chronogenèse). Enfin, elles doivent définir deux rapports institutionnels, l'un en position de professeur, l'autre en position d'élève (topogenèse) »* (Artaud, 1997, pp. 103-104).

Les questionnements écologiques permettent de s'interroger sur l'existence des objets :

« La problématique écologique se présente, d'emblée, comme moyen de questionner le réel. Qu'est-ce qui existe, et pourquoi ? Mais aussi, qu'est-ce qui n'existe pas, et pourquoi ? Et qu'est-ce qui pourrait exister ? Sous quelles conditions ? Inversement, étant donné un ensemble de conditions, quels objets sont-ils poussés à vivre ou au contraire sont-ils empêchés de vivre dans ces conditions ? » (Artaud, 1997, p. 101).

Un objet ne peut vivre de façon isolée, il est nécessaire qu'il prenne place au sein d'une organisation mathématique plus ou moins développée. Il doit donc entrer en interrelation avec d'autres objets. Les différents lieux où vont se nouer ces interrelations constituent des *habitats* pour l'objet. Les fonctions que remplit un objet au sein d'un habitat donné constituent les *niches* de l'objet.

« Un objet *ne pouvant pas vivre isolé, il sera nécessaire de faire vivre un complexe d'objets autour des fonctions génératrices et les objets avec lesquels elles entrent en association, ce que l'on appellera les habitats. Puis regarder en chacun de leurs habitats, la niche écologique qu'elles occupent, c'est-à-dire, en quelque sorte la fonction qui est la leur* » (Ibid., p. 111)

L'articulation de deux notions d'habitat et de niche permet de définir une méthodologie pour décrire le rapport institutionnel d'une institution I à un objet de savoir O^s : il s'agit d'examiner en quels lieux où O^s est présent, quels sont les autres objets présents, quelles relations ils entretiennent entre eux, quel est le rôle de O^s dans le système d'objets avec lesquels il est en relation.

En référence à ces éléments théoriques, nous conduisons une analyse écologique des programmes de première année secondaire.

2 PROBLEMATIQUE

A la lumière des travaux d'Artaud (1997), nous nous posons les questions suivantes :

1. Etant donné un ensemble de conditions, quels objets sont poussés à vivre, ou au contraire sont empêchés de vivre dans ces conditions ?
2. Quels seront les habitats ou les différents lieux de vie de l'objet de savoir équations ?
3. Quelles seront, dans ces habitats, les niches écologiques, ou les fonctions, occupées par les équations ?

3 ETAT DE LA QUESTION

De nombreuses recherches relatives à l'analyse écologique des programmes ont été menées ailleurs et la littérature ne révèle aucune en RDC. Nous citons la thèse de Ravel qui fait une analyse écologique des programmes relatifs à l' « objet de savoir » arithmétique. S'appuyant sur les travaux d'Artaud (1997), elle se demande alors « étant donné un ensemble de conditions, quels objets », au sein de l'arithmétique, « sont poussés à vivre, ou au contraire sont empêchés de vivre dans ces conditions » ? Elle a pour apporter des réponses à ces questions, choisi de faire une analyse écologique comparative des programmes français de terminales scientifiques de 1886 à 2006.

4 ANALYSE ECOLOGIQUE DES PROGRAMMES

Pour apporter des réponses aux questions posées plus haut, nous avons opté de faire une analyse écologique comparative des programmes de 1981 à ce jour. Les différences, les similitudes et les évolutions des différents programmes permettent « d'éclairer » le processus de transposition didactique qui a eu lieu ces dernières années et de déterminer les conditions écologiques actuelles de vie des équations. Par ailleurs, se poser la question des conditions de vie des équations dans les anciens programmes permet de mieux comprendre et de mieux appréhender les rapports institutionnels de même que les rapports personnels actuels de certains enseignants aux équations. En effet, les professeurs qui doivent aujourd'hui enseigner les équations ont été « assujettis », en tant qu'élève ou en tant qu'enseignant, à des systèmes de contraintes institutionnelles qui ont existé à propos des équations dans le passé. Ces différents assujettissements sont potentiellement source de « libertés » pour l'enseignant.

4.1 PROGRAMME DE 1983

Dès 1970, le Centre de Recherche en Enseignement de la Mathématique (CREM) fut lancé avec ses nouveaux programmes, d'abord à l'essai et puis à partir de 1973 de façon essentielle. Le CREM a publié plusieurs manuels pour les programmes qu'il proposait. Cet élan s'est estompé à partir de la Quatrième année secondaire car les programmes proposés par le CREM sont restés au niveau de projet et à partir de cette année jusqu'aux examens d'Etat, ce sont les programmes transitoires élaborés à partir de 1977 qui ont été d'application. Ensuite la réforme de 1981 a introduit quelques nouveaux programmes mais ils ont été retirés de la circulation en 1982. Une nouvelle réforme a commencé en 1983 et c'est en 1990 que la phase expérimentale a pris fin.

Le programme de Première année précise dans les « remarques générales » que « *les propriétés mises en valeur, à partir d'exemples numériques simples et admises avec prudence, c'est-à-dire, après la recherche d'un contre-exemple éventuel seront les suivantes :*

a + b = b + a

(a+b)+c = a + (b+c) (On mettra en valeur le rôle des parenthèses comme ordre des opérations à effectuer).

a + o = a = o + a

On constatera que a + b = o si et seulement si a = o et b = o.

On fera remarquer que l'ensemble N est infini.

On vérifiera que : a + b = a + c si et seulement si b = c.

Les propriétés de l'addition seront utilisées systématiquement dans de nombreux exercices tant oraux qu'écrits. On reprendra les techniques tant du calcul écrit que du calcul mental.

Pour préparer la soustraction dans N, on abordera des résolutions d'équations du type x + b = a avec x qui est un naturel.

On pourra prudemment aborder l'emploi du signe « ≤ » à partir de l'équation x + b = a qui donne une solution si et seulement si b ≤ a. » (EPSP 1988, p. 16)

Les équations ne sont donc pas considérées par le programme de 1983 comme étant un sujet d'étude à part entière. Leur habitat dans l'institution Classe de première année secondaire est la théorie des ensembles. Nous avons pu mettre en évidence deux niches, à savoir la *niche ensembliste* et la *niche calcul numérique***.** En effet, les directives insistent sur l'utilisation systématique des propriétés de l'addition dans de nombreux exercices tant oraux qu'écrits. Les équations du type x + b = a ne sont introduites que pour préparer l'enseignement de la soustraction dans N et plus tard dans Z. C'est en troisième année secondaire que l'on trouve explicitement les équations comme sujet d'étude dans le chapitre intitulé : Application linéaire et affine, équation et système d'équations du 1er degré.

4.2 PROGRAMME DE 2005

Les programmes officiels de mathématique actuellement en vigueur au secondaire en République Démocratique du Congo ont été publiés en 2005 par le Ministère de l'EPSP. Ils ont été « conçus selon une approche pédagogique basée sur le développement, dès l'école, des compétences et des capacités mobilisant à la fois savoir-faire et savoir-être » (EPSP, 2005, p. i).

Ces nouveaux programmes se basent sur deux principes directeurs, à savoir : l'unité fondamentale et la cohérence des mathématiques d'une part, et d'autre part, les mathématiques entendues comme langage de codification des autres sciences. Ils proposent une construction progressive des concepts. « Il préconise le recours à des situations-problèmes comme points de départ à une structuration théorique » (EPSP, 2005, p.2). Cette construction du savoir, selon le concepteur des programmes, doit aboutir au développement « chez l'élève des méthodes implicites de formulation, de validation et d'institutionnalisation » (EPSP, 2005, p.2).

Les sujets d'étude retenus, comme celui des équations du premier degré à une inconnue, trouvent un ancrage dans des intuitions et des connaissances des élèves, et se prêtent à des activités de recherche, de conjecture et de démonstration, des programmes précisent, pour chaque entité de matière l'une ou l'autre approche, cernent l'essentiel et indiquent les objectifs en relevant les compétences de base.

En parcourant le programme de la première année à la sixième secondaire, un objet mathématique y est présent : l'équation. Cela dénote de l'importance de cet objet. Mais la façon dont il est construit l'est d'autant plus : les programmes insistent particulièrement sur la notion de résolution de problèmes, et celle de modélisation que permet l'objet.

La partie d'algèbre se compose de six chapitres :

1. les nombres naturels ;
2. les nombres entiers relatifs ;
3. les nombres décimaux ;
4. les fractions ;
5. les expressions littérales ;
6. les équations.

Ci-dessous un extrait du programme sur les expressions littérales et les équations :

Tableau 1. Extrait du Programme national de mathématique 1ère secondaire

OBJECTIFS SPECIFIQUES	CONTENU	INDICATIONS METHODOLOGIQUES
	E. EXPRESSIONS LITTERALES	
Ecrire et interpréter une expression littérale	Ecriture et transformation des expressions littérales	On écrira les expressions littérales à partir des formules de calcul du périmètre, de l'aire et du volume. On accordera toute l'attention et tout le temps nécessaire pour expliquer le rôle et le sens de la lettre dans les expressions littérales
-Transformer une expression littérale	-Transformation des expressions littérales	On utilisera l'égalité pour la transformation des expressions. On familiarisera l'élève à la convention d'écriture a.b = ab et 5.a = 5a
-Calculer la valeur numérique d'une expression littérale	-Valeur numérique d'une expression littérale	On calculera la valeur numérique d'une expression littérale en remplaçant dans cette expression des lettres par des nombres
	F. EQUATIONS DANS D	
Lire, écrire, résoudre les équations du premier degré à une inconnue	-Equations du premier degré	On ne traitera que les équations du 1er degré à une inconnue de la forme a+x=b, ax=b, ax +b =c (a, b, c sont des entiers).
Résoudre et construire des situations-problèmes utilisant une équation du 1er degré à une inconnue	Problèmes conduisant à une équation du 1er degré à une inconnue	On résoudra des problèmes simples conduisant à une équation du 1er degré à une inconnue en suivant les étapes suivantes : -lecture du problème ou formation du problème ; -mise en équation ; -résolution -vérification

Source : Programme national de mathématique 2005

L'objectif terminal d'intégration de la première année est libellé en ces termes : « Au terme de l'enseignement de mathématique en 1ère secondaire, l'élève sera capable de résoudre une situation-problème en rapport avec les nombres, les opérations, les expressions, les équations et l'orientation dans l'espace ». (EPSP, 2005, p.4)

Les compétences pédagogiques de base exigées des élèves sont :

« CB1 : Face à toute situation relative à la mathématique, l'élève devra effectuer les opérations graphiques, algébriques et géométriques sur les différents nombres.

CB2 : Face à une situation mathématique, l'élève devra être capable de calculer et comparer les différentes grandeurs » (EPSP, 2005, p.4)

En dehors des objectifs fixés dans le programme et les indications méthodologiques qui y figurent, aucun autre document officiel n'est mis à la disposition de l'enseignant. Les seuls documents dont se sert l'enseignant sont les manuels scolaires qui ont obtenu un agrément de la direction des Programmes scolaires et Matériel didactique du Ministère de l'Enseignement Primaire, Secondaire et Professionnel (EPSP). Cet agrément officialise ces manuels et propose leur utilisation comme documents de travail.

Nous notons d'abord l'insistance du programme sur l'enseignement/apprentissage des expressions littérales à partir des formules de calcul du périmètre, de l'aire et du volume. Et aussi l'attention et le temps nécessaire pour expliquer le rôle et le sens de la lettre dans des expressions littérales.

Pour l'initiation aux expressions littérales, l'élève doit s'entraîner à schématiser un calcul en utilisant des lettres qui, à chaque usage, seront remplacées par des valeurs numériques. Les compétences pédagogiques de base qu'on devrait exiger des élèves sont d'appliquer une formule littérale dans une situation familière. Sur ce point, le programme est muet.

Le programme est aussi muet pour ce qui concerne les compétences exigibles des élèves sur les équations en lien avec leurs connaissances du primaire. Partant de ces connaissances, nous pensons que les compétences suivantes devraient être exigées :

- Trouver, dans des situations familières simples,
  - Le nombre à ajouter à un nombre donné pour obtenir un résultat donné ;
  - Le nombre à retrancher d'un nombre donné pour obtenir un résultat donné ;
  - Un nombre par lequel multiplier un nombre donné pour obtenir un résultat donné ;
  - Un nombre par lequel diviser un nombre donné pour obtenir un résultat donné ;
- Tester si une égalité comportant un ou deux nombres indéterminés est vraie lorsqu'on leur attribue des valeurs numériques données.

Le programme de 2005 place les équations dans l'habitat *Arithmétique – Algèbre***.** Nous trouvons que les équations occupent la *niche calcul numérique***,** la *niche langage mathématique*, la *niche raisonnement*, la *niche algorithmique* et la *niche culturelle*.

Par niche langage mathématique, nous entendons la fonction qu'ont les équations d'exprimer symboliquement ce qui est couramment déclaré. On peut le voir dans la citation suivante du programme :

« *Ce document, né des propositions des enquêtés, de l'analyse de l'ancien programme des mathématiques et du programme de certains pays africains et européens, prend en considération deux principes directeurs : l'unité fondamentale et la cohérence des mathématiques d'une part et, d'autre part, les mathématiques entendues comme langage de codification des autres sciences. (EPSP 2005, p.1)*

Par le truchement des équations, les élèves sont appelés à traduire mathématiquement un énoncé du problème donné pour le résoudre. Cette fonction s'exerce surtout à l'étape de la mise en équation.

Par la niche raisonnement, nous entendons la fonction que jouent les équations dans la justification à chaque étape des résultats obtenus. En effet, pour équation donnée ou pour chaque problème nécessitant une mise en équation, leur résolution exige que les élèves aient à justifier le passage d'une étape à une autre en s'appuyant sur des propriétés relevant d'une théorie donnée. La vie de cette niche est justifiée par les citations suivantes :

« *Au terme de l'enseignement des mathématiques en 1ère secondaire, l'élève devra résoudre une situation-problème en rapport avec les nombres, les opérations, les expressions, les équations et l'orientation de l'espace. » (EPSP 2005, p.8)*

Pour ce qui est des équations, le schéma proposé est dans la citation suivante :

« *On résoudra les problèmes simples conduisant à une équation du 1er degré à une inconnue en suivant les étapes suivantes :*

- *Lecture du problème ou formulation du problème*
- *Mise en équation*
- *Résolution*
- *Vérification. »* (EPSP 2005, p. 8)

Les équations offrent une occasion propice pour la mise en œuvre de cette exigence.

La niche calcul numérique est présente car, dès le départ, les élèves auront à calculer la valeur numérique d'une expression littérale ; ensuite, la recherche de l'inconnue d'une équation donnée et à vérifier l'exactitude de la solution trouvée.

Par niche culturelle, nous entendons la fonction que jouent les équations dans la vie courante, notamment dans la résolution de problèmes dans divers domaines tels que la géométrie, le commerce, etc. Il s'agit ici de la transversalité de cet objet de savoir dont l'importance dans divers domaines n'est plus à démontrer.

Dans l'introduction du programme de 2005, les concepteurs disent ceci :

« *Dans le souci de moderniser cette discipline demeurée jusque-là inadaptée à l'évolution technologique, il est recommandé l'usage de l'ordinateur et de la calculatrice qui sont devenus des piliers de la société moderne. »* (EPSP 2005, p.2)

Même si les concepteurs du programme ne disent pas clairement comment ces outils technologiques pourraient être introduits pour qu'ils soient utilisés par les élèves, une de notions où cette utilisation est possible est la résolution des équations. Mais cette niche ne vit pas dans la classe de première année secondaire. Elle devrait être le lieu naturel de sensibilisation à l'algorithmique où la nécessité d'être précis impose rigueur et clarté du raisonnement. En liant algorithmique et raisonnement, on peut faire l'hypothèse que les concepteurs de programme souhaitent dépasser le clivage fortement présent dans le corps enseignant entre mathématiques « classiques », qui correspondent au raisonnement et à la rigueur, et les mathématiques « expérimentales » non rigoureuses. Pour inciter les enseignants à faire vivre la niche algorithmique des équations dans la classe de première année secondaire, des exemples de mise en œuvre d'algorithmes à l'aide de moyens technologiques (calculatrices) devraient être mentionnés dans le programme.

5 CONCLUSION

En comparant les programmes de 1983 et celui de 2005, nous constatons que l'objet de savoir équations est présent dans celui de 1983 pour introduire la soustraction dans N et dans celui de 2005 comme sujet d'étude à part entière, un chapitre entier. Et les équations sont introduites dans ce dernier programme à la fois comme objet et comme outil au sens de Douady et jouent plusieurs fonctions. Le programme de 1983 s'insère dans l'esprit de la réforme de 1970 qui se basait sur la théorie des ensembles et ne comporte que deux niches : la niche ensembliste et la niche calcul numérique. Celui de 2005 a pour habitat Arithmétique – Algèbre et comporte cinq niches, à savoir les niches langage mathématique, raisonnement, calcul numérique, algorithmique et culturelle.

Le programme de 2005 exige l'initiation aux expressions littérales à partir des formules de calcul de périmètre, de l'aire et du volume, vues au primaire. Ces notions sont totalement absentes du programme de 1983. Leur présence dans le programme de 2005 s'explique par le fait qu'elles sont une voie obligée pour mieux introduire les équations qui sont en fait des expressions littérales.

REFERENCES

[1] Arsac, G. (1989). La transposition didactique en mathématiques, in IREM et LIRDIS de Lyon (eds). *La transposition didactique en mathématiques, physique et biologie, (pp. 3-36).* Lyon.

[2] Artaud, M. (1997). Introduction à l'approche écologique du didactique. L'écologie des organisations mathématiques et didactiques. *Actes de la IX^{ième} Ecole d'été de didactique des mathématiques,* Houlgate, pp. 101-139, IUFM de Rennes.

[3] Artaud M. (2005). La TAD comme théorie pour la formation des professeurs. *Actes du 1er Congrès International sur la Théorie Anthropologique du Didactique.* Jaen, Espagne. Chevallard, Y. (1985). Le passage de l'arithmétique à l'algèbre dans l'enseignement des mathématiques au collège. Première partie. *Petit x,* n^{o} 5, IREM de Grenoble, pp. 51-94.

[4] Assude T. (1996). De l'écologie et de l'économie d'un système didactique : une étude de cas. *Recherches de Didactique des Mathématiques, Vol. 16,* n^{o} 1, pp. 47-72. Chevallard, Y. (1989a). Le passage de l'arithmétique à l'algèbre dans l'enseignement des mathématiques au collège. Deuxième partie. *Petit x,* n^{o} 19, IREM de Grenoble, pp. 43-75.

[5] Chevallard Y. (1989). Le concept de rapport au savoir. Rapport personnel, rapport institutionnel, rapport officiel. *Séminaire de didactique des Mathématiques et de l'Informatique,* n^{o} 108, pp. 211-236.

[6] Chevallard, Y. (1990). Le passage de l'arithmétique à l'algèbre dans l'enseignement des mathématiques au collège. Troisième partie. *Petit x,* n^{o} 30, IREM de Grenoble, pp. 5-38.

[7] Chevallard Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol. 12*, n^{o} 1, pp. 83-121.

[8] Chevallard, Y. (1998). Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques : L'approche anthropologique. *Actes de l'U.E. de la Rochelle.*

[9] Chevallard, Y. (2002a). Organiser l'étude 1. Structures et fonctions. In Dorier J.-L. & alii (eds), *Actes de la 11^{e} école d'été de didactique des mathématiques – Corps – 21-30 Aout 2001,* (pp. 3 – 22). Grenoble : La Pensée Sauvage.

[10] Chevallard, Y. (2002b). Organiser l'étude 3. Ecologie et régulations. In Dorier J.-L. & alii (eds), *Actes de la 11^{e} école d'été de didactique des mathématiques – Corps – 21-30 Aout 2001,* (pp. 41-56). Grenoble : La Pensée Sauvage.

[11] Chevallard, Y. (2003). Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathématiques, in Communication aux *3èmes Journées d'études franco-québecoises* (université René Descartes Paris 5, 17-18 juin 2002), paru dans S. Maury S. & M. Caillot (éds), *Rapport au savoir et didactiques,* Editions Fabert, Paris, 2003, pp. 81-104.

[12] Majaj, M. (2011). *L'enseignement de l'arithmétique en France au collège et à la transition collège/lycée,* Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble 1.

[13] Menssouri, D. (1994). *Essai de délimitation en termes de problématiques des effets de contrat et de transposition : le cas des relations entre droites et équations dans les classes de Seconde et de Première.* Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier – Grenoble 1.

[14] Nguyen, A. Q. (2006). *Les apports d'une analyse didactique comparative de la résolution des équations du second degré dans l'enseignement secondaire au Viêt-Nam et en France,* Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble 1.

[15] Ravel, L. (2003). *Des programmes à la classe : étude de la transposition didactique interne – Exemple de l'arithmétique en terminale S spécialité mathématique,* Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble 1.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1497-1512
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

ANALYSE ECOLOGIQUE ET PRAXEOLOGIOQUE DE MANUELS

Jean-Marie KAPENGA KAZADI NTUNDULA

Professeur associé, Département de Mathématique & Informatique, Université Pédagogique Nationale, RD Congo

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

ABSTRACT: Le présent article présente une analyse écologique et praxéologique des manuels scolaires utilisés en Première année secondaire en République Démocratique du Congo sur les équations. De deux manuels analysés, le premier, intitulé « Maîtriser les Maths 1 » (MM1) ne présente pas une organisation didactique. Le deuxième, intitulé « Mathématiques 1ère Secondaire » (M1S), organise le moment de rencontre et ressort des types de tâches. Ce dernier prévoit des techniques qui ne sont pas justifiées compte tenu du niveau élémentaire de l'institution. Les deux manuels procèdent à l'institutionnalisation directement après les activités. Ils terminent par des séries d'exercices qui constituent le moment d'évaluation.

KEYWORDS: Organisation didactique, organisation mathématique, tâche, type de tâches.

1 INTRODUCTION

Le manuel scolaire fait partie du paysage d'enseignement. Dans certains pays, il y a un seul manuel officiel avec ou non obligation d'utilisation, alors que dans d'autres, il y a plusieurs manuels qui peuvent se différencier selon les choix des auteurs. Dans le cas de notre pays, le marché est très pauvre et la culture du livre quasi absente. Les seuls manuels qui existent sont des initiatives privées et on n'est pas étonné de voir encore sur le marché un livre comme « Algèbre 2A » datant de 1968.

Cependant, dans la plupart des cas, ils sont la traduction d'une directive institutionnelle, exprimée souvent sous forme de programme, selon une interprétation des auteurs.

Ils sont donc le résultat d'une transposition didactique (Chevallard, 1985,1992) des textes des programmes. Comme Neyret (1995), nous considérons les livres scolaires comme des produits d'institutions transpositives. Celles-ci peuvent être des personnes particulières ou des groupes de personnes chargées par des autorités de rédiger le manuel ou de personnes qui s'associent sur leur propre initiative. C'est le cas des manuels « Maitriser les Maths 1 » et « Mathématique 1ère année secondaire » utilisés dans les écoles de la RDC. L'analyse des manuels constitue l'objet riche pour plusieurs thèmes d'étude, et il est important de prendre en compte le contexte institutionnel dans lequel les manuels sont produits. Ces analyses utilisent des méthodologies plus ou moins explicites et s'appuyant sur un ou plusieurs cadres théoriques.

Pour notre recherche, nous utilisons pour faire cette analyse les outils de la théorie Anthropologique du Didactique (TAD). Le point de départ de cette approche est la théorie de la transposition didactique (Chevallard, 1985) qui a été replacée par après dans la TAD (Chevallard, 1989, 1991, 1992).

2 CADRE THEORIQUE

Pour déterminer le rapport institutionnel aux objets de certaines organisations mathématiques, on peut procéder à l'analyse des programmes, des manuels et/ou à des observations dans une classe sous les contraintes relatives à son fonctionnement interne.

Dans les programmes, l'institution définit les objets à enseigner, les attentes en termes d'exigences et de recommandations, ainsi que les finalités et les enjeux d'enseignement. Mais les programmes seuls ne permettent pas de définir complètement le rapport institutionnel à un objet. Menssouri (1994) en avance deux raisons :

« *La première est que les programmes ne constituent pas un texte de savoir, mais seulement un discours sur un hypothétique texte de savoir… La deuxième raison est que, même en disposant d'un certain texte de savoir, toutes les pratiques à propos des objets de savoir figurant dans ce texte ne peuvent pas être citées* » (Menssouri, 1994, p.44)

Pour accéder à ce rapport institutionnel, l'analyse des manuels est nécessaire, et complémentaire de l'analyse des programmes. En particulier, lorsque l'accès au fonctionnement effectif dans une classe n'est pas jugée nécessaire, ou n'est pas accessible, Assude (1996) a considéré un manuel comme un texte de savoir, en supposant que : « *le texte de savoir est assez représentatif d'une* « *moyenne pondérée à plusieurs contraintes* » *du rapport institutionnel aux objets de savoir mathématiques présents dans les différents systèmes didactiques qui réalisent effectivement ce texte de savoir* » (Assude, 1994, p.50).

Dans plusieurs travaux de recherche, le recours à l'analyse des manuels est devenu une entrée incontournable pour comprendre le fonctionnement ou pour caractériser l'état du système à un instant donné. Cependant, cette analyse doit prendre en compte certains éléments du contexte institutionnel pour l'étude du rapport institutionnel.

3 METHODOLOGIE UTILISEE POUR L'ANALYSE DES MANUELS

Le recours à l'analyse des manuels reste l'entrée principale pour un questionnement écologique ou praxéologique. Bien entendu, le corpus de données peut être complété par d'autres documents comme les programmes, revues, documents pédagogiques, etc. Dans ces travaux, le chercheur procède à un choix de manuels et adopte une méthodologie d'analyse en fonctions de questions qu'il se pose. Les éléments suivants précisent les caractéristiques du manuel, le contexte de sa production et une caractérisation du rapport institutionnel.

3.1 MOMENT DE L'ÉDITION D'UN PROGRAMME

Nous considérons le système d'enseignement comme un système dynamique dont chaque programme définit un état. C'est un état de référence pour le fonctionnement du système. Au cours des dernières décennies, le système d'enseignement en RDC a connu plusieurs états. Une première analyse montre un épisode important dans ces changements de programmes : la réforme des mathématiques modernes au début des années 1970. Le système d'enseignement en RDC a connu trois ruptures. La première correspond à la réforme des mathématiques modernes des années 1970, la deuxième aux programmes de la fin de cette réforme en 1983 et la troisième en cours au début des années 2000. Ceci donne un découpage du temps pour l'analyse du système d'enseignement. Pour le choix des manuels, on peut se placer dans des moments de rupture ou de stabilité du système.

3.2 LA REPRÉSENTATIVITÉ

Dans les pays où il y a plusieurs manuels, il est important de procéder au choix d'un ou plusieurs manuels qui sont les plus utilisés par les enseignants. Nous avons répertorié 12 manuels différents utilisés par les enseignants qui ont répondu à notre questionnaire. Les plus fréquents sont les suivants :

1. Maîtriser les Maths 1 (MM1), édité aux éditions Loyola
2. Mathématiques 1ère année secondaire, édité au Centre des Recherches Pédagogiques
3. Mathématique 1ère année du Centre de Recherche en Enseignement de Mathématique (CREM)
4. Mathématique 1 de Guy Frisch
5. Savoir et savoir-faire en mathématique 1ère

3.3 LA STRUCTURE

L'étude de la structure du manuel nous renseigne sur la place accordée aux activités, la présence ou non des exercices résolus et les commentaires éventuels des auteurs. Ainsi, par exemple en France et en RDC, les manuels de la période de la réforme des mathématiques modernes, les chapitres des manuels étaient structurés en deux parties : cours puis exercices et problèmes. Après cette période, les manuels en France ont la structure suivante à quatre parties : Activités préparatoires – Cours - Travaux pratiques - Exercices. Ce changement, témoigne de l'évolution de la place accordée aux activités dans le processus d'apprentissage des mathématiques. Les exercices résolus et les commentaires des auteurs nous renseignent sur ce qu'on attend des élèves ou des enseignants lorsqu'il s'agit du livre du professeur. Mais en RDC, les manuels scolaires en vogue gardent toujours la même structure et s'adressent à la fois aux élèves et aux enseignants.

La mise en œuvre de cette approche praxéologique pour l'analyse des manuels, tels qu'ils sont structurés actuellement dans le cadre de l'approche socioconstructiviste, s'organise souvent de la façon suivante :

- Identification des types de tâches : on analyse les activités présentes dans les différentes parties du chapitre. Les exemples et les activités du cours (présentés sous forme de travaux pratiques ou des exercices résolus) permettent de repérer les types de tâche importants pour l'institution. La partie « exercices » permet de repérer l'ensemble des types de tâche. Il faut noter qu'à cette étape, le chercheur procède à des regroupements de tâches en type de tâches comme le souligne Artaud (2005) que "*la notion de type de tâches a pour principale fonction dans l'analyse de permettre le groupement de tâches jugées suffisamment proches, la taille des groupes dépendant à la fois de la réalité modélisée, de l'institution dans laquelle on se place et du travail mené* ».
- Identification des techniques : après l'identification des types de tâches, on procède à caractériser les techniques permettant de les accomplir en s'appuyant sur l'analyse des exercices résolus.
- Identification des technologies : on reconstruit les technologies qui engendrent et justifient ces techniques à partir de l'analyse des commentaires des auteurs, de la partie cours et éventuellement de l'analyse du livre du professeur.

4 ANALYSE PROPREMENT DITE DES MANUELS

CHOIX DES MANUELS

Les programmes en vigueur depuis 2005 n'ont pas été appuyés par des manuels officiels. Les seuls qui existent sont de l'initiative privée de certains enseignants. La Direction des Programmes Scolaires et des Matériels didactiques leur a accordé un agrément qui les rend ainsi officiels. Pour la première année secondaire, deux manuels sont actuellement utilisés par les enseignants. Il s'agit de :

1. « Maîtriser les Maths 1 » (MM1), rédigé par KAYEMBE KALALA, LELE NGAKINI, MBALA MOKE et WATANGA LUKANGE, édité par les Editions Loyola en 2011, manuel passant pour la « bible » des enseignants de 1ère année;
2. « Mathématiques 1ère année secondaire. Arithmétique-Algèbre Organisation et Gestion des données Géométrie » (M1S), rédigé par Stanislas MUKOKO NZWANA et édité par le Centre des Recherches Pédagogiques, en 2009 ;

STRUCTURES DES MANUELS

MAÎTRISER LES MATHS 1

Ce manuel s'adresse à la fois à l'élève et à l'enseignant et est rédigé sous forme d'un exposé ex-cathedra suivi d'une série d'exercices après une section ou paragraphe. Le découpage du manuel ne présente pas d'unité d'apprentissage comprenant les objectifs, les activités, le prérequis, les exercices d'évaluation. Il n'y a aucune indication ni réponse pour les exercices. Ce manuel est bien loin de l'approche socioconstructiviste prônée par le programme et n'y est donc pas conforme.

La notion d'équation est abordée dans le manuel de la page 174 à la page 186 dans un paragraphe intitulé : Equations dans Z. Ce paragraphe est le onzième du chapitre VI intitulé : Ensemble Z des entiers relatifs. Les paragraphes précédents parlent de :

1. Construction de Z
2. Valeur absolue d'un entier rationnel
3. Addition dans Z
4. Soustraction dans Z
5. Ecriture simplifiée d'une somme
6. Suppression des parenthèses
7. Multiplication dans Z
8. Quotient de deux entiers
9. Exponentiation dans Z
10. Ordre dans Z

Pour ce qui est de la notion en étude, la partie théorique que nous désignons par « cours » est organisée de la manière suivante :

VI. 11. EQUATIONS DANS Z

1. Notions
2. Définition et résolution

a) Définition
b) Résolution d'une équation

1. Principes d'équivalence
2. Définition
3. exemples
3. Equations particulières
a) Equation impossible
b) Equation indéterminée
4. Equations à coefficients fractionnaires

Exercices

VI.12. RESOLUTION DES PROBLEMES PAR LA METHODE ALGEBRIQUE (pp. 180-186)

1. Marche à suivre
2. Exercices résolus

Exercices

Le paragraphe portant sur la résolution des problèmes est présentée comme une application du paragraphe précédent relatif aux équations dans Z.

Les auteurs présentent d'abord les étapes à suivre pour résoudre un problème par la méthode algébrique. Les auteurs ne sont pas clairs sur ce qu'ils entendent par méthode algébrique. S'agit-il de celle qu'ils proposent dans leur manuel ou d'une autre ? Rien n'est moins clair. Et les équations sont présentées ici comme un moyen pour résoudre un problème.

Pour introduire la notion d'équation et tout le vocabulaire qui s'y rattache, le manuel présente deux « opérations déguisées » ou « opérations à trous » 4+…=7 et …-5=-11, dans lesquelles il remplace par la suite les … respectivement par a et par x. Cette transformation, selon les auteurs, les opérations à trous deviennent des équations.

Le manuel introduit ensuite le vocabulaire suivant :

- Equation ;
- Inconnue ou variable ;
- Racine ou solution ;
- Ensemble solution.

Au point suivant, le manuel définit et résout une équation. Dans l'exemple qu'il donne, il considère une autre variable didactique en introduisant une équation algébrique renfermant l'inconnue dans les deux membres. Et il écrit :

Exemple : 2x + 3 = 13 +x

1er membre 2e membre

La notion de membre comme celles qui ont précédé sont présentées par ostension[1].

Dans la résolution qui suit directement la définition, le manuel parle de « principes d'équivalence ». Ces algorithmes tombent abruptement.

Pour les exercices, le manuel ne présente qu'une seule méthode de résolution.

MATHÉMATIQUE 1ÈRE ANNÉE SECONDAIRE

Contrairement au premier, ce manuel est structuré de la manière suivante pour chaque paragraphe des sept chapitres qu'il compte :

« - Les objectifs, éléments primordiaux que le professeur doit élaborer et qui lui permettront d'évaluer le progrès des élèves,
- Les apprentissages, travaux individuels ou collectifs qui favorisent les recherches et débouchent à des idées nouvelles. Ces travaux placent les élèves dans des situations de découverte.

[1] « L'ostension est la donnée par l'enseignant de tous les éléments et relations constitutifs de la notion visée » (Ratsimba-Rajhon, 1977). Dans le cas où l'enseignant expose les savoirs, on parle d'ostension sans plus.

- Les « retenons », synthèse du fruit de recherche. Les résultats des découvertes sont coulés sous forme de définitions et des règles.
- Les exercices, placés à la fin de chaque paragraphe, permettront au professeur de contrôler les acquisitions et aux élèves de mesurer leur performance » (MUKOKO, 2009, p.4)

En cela, il épouse l'esprit et la lettre du programme et y est conforme. Ce livre est à la fois destiné à l'élève et au professeur.

Mais, lui aussi, ne fait aucun cas des expressions littérales qui sont un point important dans le programme. L'introduction des polynômes arithmétiques est fait de la page 31 à la page 36, mais sans aucune précaution sur l'introduction des lettres.

La première approche des équations de la forme x + a =b est faite à la page 85 à partir d'une activité et de façon abrupte aussi :

c) Equation de la forme x + a = b

Activité

Au cours d'une partie de jeu, Mputu perd 6 billes.

Il se retrouve avec 9 billes en poche à la fin de la partie. Combien de billes avait-il au début du jeu ?

Soit l'équation	x + (-6) =9
Ajoute +6, opposé de-6 aux 2 membres de l'équation	x + (-6) + 6 = 9 +6
La somme de 2 entiers opposés est nulle	X + 0 = 15
0 est l'élément neutre de l'addition dans Z	X = 15
Donne l'ensemble des solutions de l'équation	S = {15}
Vérifié en remplaçant des équations x par la valeur trouvée	15 + (-6) = 9 est égalité vraie

Réponds : Mputu avait 15 billes au début du jeu. »

Les notions d'équation et d'ensemble solution sont présentées comme des ostensifs.

On comprend le souci de l'auteur en synthétisant les propriétés de l'addition dans Z dans cette activité, mais il oublie carrément qu'il y a ici introduction d'une nouvelle notion pour les élèves. Rien n'est dit sur les techniques à utiliser pour résoudre ce type d'équations.

A la page 88, le manuel propose les exercices suivants :

1) x + 10 = -9
2) x + (-9) = 14
3) (-23) + x = -5
4) 6 + x = -20
5) (-15) +3 = x
6) x + (-17) + 8 = -30
7) x + (-5) = (-14) + (+20)
8) (-11) +x + (+10) = -2
9) 32 + (-8) = x + (-7)
10) x + (-21) + 5 =0

Sans aucune initiation, comment l'élève peut-il aborder ces exercices ?

A la page 104, le manuel présente ceci :

- Equations de la forme ax = b dans Z.

Activité

Le triple d'un nombre donne -120. Quel est ce nombre ?

Soit l'équation	3x = -120
Fais apparaître un facteur de 3 dans le 2^{e} membre de l'équation	3x = 3. (-40)
Simplifie les 2 membres de l'équation	x = -40
Donne l'ensemble des solutions	S = {-40}
Réponds	Ce nombre est -40

(Mukoko, 2009, p.104)

L'énoncé de l'activité est ce qu'il faut pour introduire la notion, mais « l'aide » que le manuel lui apporte lui est à contre-courant de ce que recommande le programme.

Et à la page suivante, le manuel donne un exercice :

« Résoudre dans Z les équations sur la droite numérique des entiers

1) (x+6) (x-3)=0
2) (x+8) (x+1)=0
3) (x-5) (x-2) (x+3)=0
4) x(x+7)=0
5) x(x-2)=0
6) (x+1) (x+2) (x+3) (x+4)=0

C'est de la page 176 à la page 186, que l'on retrouve une étude sur les équations.

Ce paragraphe commence par les objectifs, suivants :

- Résoudre les équations du premier degré à une inconnue dans D
- Résoudre et construire des situations-problèmes utilisant une équation du 1er degré à une inconnue.

Avant le « retenons » de la définition, le manuel présente deux opérations à trous et deux situations-problèmes. Si le manuel avait prévu un paragraphe sur l'initiation aux expressions littérales, ces deux dernières activités seraient un très bon tremplin pour l'initiation aux équations.

Comme dans le premier manuel, l'auteur passe directement, après la définition, aux « principes d'équivalence ». Il les énonce d'abord et puis montre comment les appliquer. Le manuel insiste sur la résolution des équations des types x+a = b et ax = b dans D, malheureusement dans les exemples, il ajoute des équations algébriques comme :

0,4x + 9= 2x -7 ; $\frac{x-2}{3} - \frac{x-3}{4} = \frac{x}{2}$; 7(x-1,3) + 20 = 7x + 9,1 ; 3(1-x) +8,5 = 6 -3x.

Il présente ensuite la résolution des problèmes conduisant à une équation du premier degré à une inconnue par deux exemples. Et une série d'exercices clôture le paragraphe.

ETUDE DES ORGANISATIONS MATHÉMATIQUES

Nous allons regarder à travers les différents types de tâches proposées dans les manuels, l'organisation mathématique qui y est rattachée, par une étude praxéologique de la partie « cours » des manuels. Comment est explicité l'objet équation dans les manuels ? Quelles sont les organisations mathématiques institutionnelles ? Voilà les questions auxquelles nous nous proposons de répondre.

Nous quantifierons ensuite les différents types de tâches repérées dans la partie « exercices » des manuels, selon le découpage obtenu par l'étude praxéologique de la partie « cours » des manuels. Cette organisation a, selon les résultats de recherches, un impact sur les pratiques des enseignants utilisateurs de manuels.

ETUDE ÉCOLOGIQUE ET PRAXÉOLOGIQUE DE LA PARTIE « COURS » DES MANUELS

Après avoir dépouillé le questionnaire soumis aux enseignants, nous avons retenu deux manuels qui sont les plus utilisés par ceux-ci. Il s'agit de :

1. Maîtriser les Maths 1 (MM1)
2. Mathématiques 1ère secondaire (M1S)

Nous nous proposons dans ces lignes de mener une étude de ces manuels par une analyse écologique et praxéologique pour voir s'il y a un écart entre le choix des enseignants et celui des manuels. L'analyse praxéologique nous permettra particulièrement d'étudier le rapport personnel des enseignants et des élèves. Elle nous permettra aussi de faire une comparaison afin de mettre en évidence les variabilités des choix des auteurs de manuels pour introduire les équations et les niches occupées par les équations, et de bien identifier le rapport institutionnel aux équations.

Pour mener cette analyse, nous commençons d'abord par une analyse écologique des différentes parties des manuels (activités, cours, méthodes, exercices résolus, exercices, …) qui sont liées aux équations pour voir comment sont mises en place les tendances de programme de 1ère année dans les manuels, quelles niches sont viables dans les manuels et comment elles sont mises en place dans les manuels. Ensuite, nous conduisons une analyse praxéologique.

ANALYSE ÉCOLOGIQUE DES ÉQUATIONS DANS LES MANUELS

Dans cette analyse nous identifions l'habitat et les niches occupés par les équations dans les manuels. Nous sommes plus particulièrement attaché à la vie de la niche.

Nous organisons notre étude selon le plan suivant :

- la reprise des notions d'arithmétique qui permet de mettre en exergue la continuité des connaissances acquises au primaire ;
- l'utilisation de l'initiation aux expressions littérales ;
- les notions en jeu en 1ère année.

LA REPRISE DES NOTIONS DU PRIMAIRE

Pour introduire la notion d'équation et tous les autres concepts qui s'y rattachent, le manuel MM1 présente deux opérations déguisées ou opérations à trous : 4 + … = 11 et … - 5 = 11. Il ne s'agit pas d'activités que les élèves doivent réaliser, mais d'une espèce de passerelle que les auteurs utilisent pour passer d'une « opération à trou » à une « équation ». En effet, ils font remarquer que pour chacune d'elles, un seul entier vérifie les égalités données. Ils remplacent ensuite les « … » respectivement par a et par x. Par cette substitution, les opérations à trous deviennent des équations. Les auteurs ne prévoient aucune tâche pour les élèves en ce qui concerne les connaissances acquises par les élèves au primaire.

Dans le manuel M1S, les équations font partie du chapitre 1 intitulé : les nombres entiers relatifs, et sont introduites par le biais de la propriété fondamentale de groupe, même si l'auteur ne la cite pas explicitement. Mais il utilise plus précisément la propriété de simplifiabilité d'éléments de Z pour l'addition. C'est plutôt au chapitre 4 intitulé : les fractions, que l'auteur présente une étude systématique des équations. Quatre activités sont prévues dont deux portant sur 12 opérations à trous et deux sur le calcul numérique (problèmes sur la masse et la taille).

Sur ce point, nous trouvons que les deux manuels ne mettent pas en œuvre toutes les niches relevées dans le programme de 2005, mais font plus référence à la niche calcul numérique[2].

L'UTILISATION DES ÉCRITURES LITTÉRALES

Les difficultés liées au sens de la lettre et à celui du signe d'égalité ont été relevées abondamment par plusieurs auteurs dans la littérature. Nous avons aussi relevé l'insistance du programme de 2005 sur l'initiation aux expressions littérales avant l'enseignement des équations. La maîtrise et l'utilisation des écritures littérales ou plus généralement du calcul littéral sont l'un des domaines essentiels du cours des mathématiques au secondaire général. En effet, la modélisation d'un problème en une mise en équations et sa résolution nécessitent la connaissance d'un certain nombre de règles du calcul littéral. La maîtrise des techniques algébriques relatives au calcul littéral est donc cruciale en mathématiques.

Les auteurs du manuel MM1 font allusion à l'utilisation d'une lettre comme nombre non pas comme un enseignement à dispenser, mais de manière fortuite sous forme d'une incise, une note d'information à la page 5. Ils écrivent :

« *Note*

Un nombre peut être représenté par une lettre. Exemple : J'ai a billets de banque. La lettre a peut représenter plusieurs nombres : A = 10 ; a = 30 ; a = 100 ; a = 1500. » (Kayembe & al., 2011, p.5)

La deuxième allusion faite aux écritures littérales intervient à la page 7 sur les opérations sur les nombres entiers naturels. Sans ménagement, ils écrivent :

« *Soustraire un nombre a d'un nombre b, c'est trouver un nombre c qui, ajouté au nombre a égale le nombre b*.

b-a = c équivaut à a + c = b

a et b sont des termes

[2] Les habitats et les niches sont indiqués dans un article précédent, intitulé « Analyse écologique de la notion d'équation dans les programmes de mathématique en première année secondaire ».

c est appelé différence. » (Ibid., p. 7)

Dans une remarque à la page 8 où ils introduisent les polynômes arithmétiques, les auteurs notent ceci :

« *Si on peut additionner (soustraire) tous les nombres abstraits, on ne peut cependant additionner (soustraire) que des nombres concrets*[3] *de même nature.*

Exemples

- *3 livres + 5 livres = 8 livres*
- *12 tables – 7 tables = 5 tables*
- *5a + 21a = 26a*
- *31b – 23b = 8b*
- *12 ananas + 7 bananes (reste comme tel)*
- *15a + 9b (reste comme tel). (Ibid., p. 8)*

En arithmétique souvent on utilise les lettres pour désigner des étiquettes (par exemple 12m peut désigner 12 motos) ou des mesures (par exemple 12 m peut désigner 12 mètres). Lors du passage en algèbre les lettres désignent des nombres (Booth, 1984 ; Kieran, 1991), et l'expression 5m peut être interprété par 5.m où m désigne un nombre. Le mélange qui est fait dans les exemples précédents et repris par les enseignants dans leurs discours entretient la confusion entre les deux acceptions de la lettre, surtout qu'ils utilisent les termes de nombres concrets. Grugeon stigmatise cette pratique dans ce sens :

« Tandis qu'en algèbre on peut aplatir les nombres sur des étiquettes (par exemple 2x + 3x = 5x on suggère de penser x comme à des pommes), mais cela ne veut pas dire que le statut d'une lettre est réductible à celui d'étiquette ou des mesures). Nous remarquons que certains professeurs utilisent la première lettre des mots pour représenter l'objet indiqué par ce mot, dans ce cas, la lettre peut devenir pour les élèves un objet. » (Grugeon, 1995 citée par El Mouhayar 2007, p. 76)

Quand les auteurs écrivent : 5a + 21a = 26a, a désigne-t-il toujours la nature d'un objet ? Et de quel objet ? Les explications données par les enseignants lors des leçons sur les équations font croire aux élèves que les lettres sont des étiquettes.

Les auteurs introduisent les polynômes arithmétiques à la page 8 et les définissent comme étant des suites d'additions et de soustractions de deux ou plusieurs termes ; ces termes étant des nombres abstraits ou concrets. C'est de cette manière que sont introduites les expressions littérales dans MM1.

Pire que le manuel MM1, le manuel M1S introduit les écritures littérales au chapitre 1 sur les nombres entiers naturels sans aucun ménagement. Il écrit :

« *Additionner deux nombres, c'est trouver le nombre qui représente les unités de ces deux nombres mis ensemble. Si a + b = c, a et b sont les termes et c est la somme. » (Mukoko, 2009, p. 20).*

Pour un élève venant du primaire, quel sens peut-il avoir d'une telle définition et particulièrement des lettres ainsi utilisées ?

L'introduction des polynômes arithmétiques est faite de la page 31 à la page 36. C'est aux pages 35 et 36 que l'auteur propose deux exercices liant les lettres aux nombres dans le sens des recommandations du programme :

« Calcule la valeur numérique du polynôme :

1) (a + b) – c – (d – e) pour a = 15 ; b = 80 ; c = 33 ; d = 42 ; e = 12 (…). » (Ibid., p.35)

LES NOTIONS MISES EN JEU EN 1ÈRE ANNÉE

Les notions que nous visons ici sont :

- La définition d'une équation ;
- Résoudre une équation ;
- Racine ou solution d'une équation ;

[3] Selon les auteurs, les nombres concrets indiquent la nature des objets considérés. Les nombres abstraits n'indiquent pas de quel objet il s'agit.

- Membre d'une équation ;
- Principes de résolution d'une équation ;
- Mise en équation d'un problème.

Le manuel MM1 introduit les ostensifs suivants : équations, inconnues, variables, racines ou solutions, ensemble solution, membre d'une équation. Il définit une équation de la manière suivante :

« Une équation est une égalité qui n'est vérifiée que pour certaines valeurs attribuées à l'inconnue (aux inconnues) qu'elle contient. » (Kayembe & al., 2011, p. 175)

Dans l'exemple qu'il donne, il considère une autre variable didactique en introduisant une équation algébrique renfermant l'inconnue dans les deux membres. Et il écrit :

« Exemple : 2x + 3 = 13 + x

1er membre 2e membre (Ibid., p. 175)

La technique de résolution qui suit directement la définition – et que le manuel qualifie de « principes d'équivalence » - dit ceci :

« ***Premier principe***

Lorsqu'on ajoute ou retranche un même nombre aux deux membres d'une même égalité, on obtient une nouvelle égalité équivalente à la première.

Exemples :

- *(x + 3 = 5) ↔ (x + 3 – 3 = 5 – 3) ↔ (x = 5 – 3)*
- *(2x – 5 = 7 + 3x) ↔ (2x – 5 + 5 – 3x = 7 + 3x + 5 – 3x) ↔*

(2x – 3x = 7 + 5)

Conséquence : On peut faire passer un terme d'un membre à l'autre à condition de changer son signe.

(5x + 8 = 3 – 2x) ↔ (5x + 2x = 3 – 8)

Deuxième principe

Lorsqu'on multiplie ou on divise les deux membres d'une égalité par un même nombre non nul, on obtient une égalité équivalente à la première.

Exemples :

- *(-2x = 6) ↔ ($\frac{-2x}{-2} = \frac{6}{-2}$)*
- *(⅓x = 4) ↔ (3.⅓x = 3.4)*

DÉFINITION

Résoudre une équation c'est trouver les racines de cette équation. Nous désignerons l'ensemble solution par S.

Exemple :

(x + 3 = 5) ↔ (x + 3 – 3 = 5 – 3)

↔ (x = 2) S = {2}.

Preuve : remplaçons x par 2 dans l'équation, on a : 2 + 3 = 5. »

(Ibid., p. 176)

Les règles de résolution que le manuel propose ne sont justifiées nulle part. Les propriétés de l'addition sont données à la page 158 à titre indicatif et non pas comme des technologies pouvant justifier les techniques ainsi énoncées. Le manuel insiste sur l'écriture de l'ensemble solution à la fin de chaque résolution. Sans doute pour mettre en évidence la niche ensembliste qui revient abondamment dans le manuel pour plusieurs autres notions et qui n'est malheureusement pas évoquée par le programme. Le manuel présente ensuite d'autres ostensifs : les équations particulières et les équations à coefficients fractionnaires, équation impossible, équation indéterminée.

Enfin, pour tous les exercices résolus le manuel n'utilise que les seules techniques évoquées plus loin, à savoir les principes d'équivalence.

Ce manuel s'attache à deux niches : la niche calcul numérique et la niche ensembliste. En effet, cela se ressent à travers l'insistance trop marquée sur les procédures de calcul de l'expression qu'est l'équation, c'est-à-dire sur des pratiques rituelles et l'écriture de la solution sous forme ensembliste. Sur dix exercices résolus, le manuel vérifie l'exactitude de la solution pour un seul. Les niches langage mathématique, raisonnement, algorithmique et culturelle sont absentes.

Pour le manuel M1S, les notions en jeu en 1ère année sont introduites comme des ostensifs. La résolution est effectuée par la même technique que dans le premier manuel. Chaque principe d'équivalence est précédé d'une activité qui permet à l'élève de découvrir la technique utilisée pour résoudre une équation. A la fin, l'auteur énonce le principe qu'il a intitulé « simplifiabilité de l'addition dans D ». L'énoncé de deux principes d'équivalence est suivi de la résolution avec quatre exemples où chaque étape est justifiée. L'auteur change ensuite de variable didactique en considérant des équations à coefficients fractionnaires.

ANALYSE PRAXÉOLOGIQUE DES MANUELS

Les deux manuels étudiés ne reprennent pas exactement les mêmes types de tâches dans la partie cours.

Pour Maîtriser les Maths 1, on a les types de tâches suivants :

T_1 : Résoudre une équation dans Z

T_2 : Résoudre un problème par la méthode algébrique

avec les sous-tâches ci-après liées à T_1 :

$T_{1,1}$: Résoudre une équation de la forme x+a=b

Exemple : Résoudre l'équation : x+3=5

$T_{1,2}$: Résoudre une équation de la forme ax = b

Exemple : Résoudre l'équation : -2x = 6

$T_{1,3}$: Résoudre une équation de la forme ax+b = cx+d.

Exemple : Résoudre l'équation : 2x+3 = 13+x

$T_{1,4}$: Résoudre une équation à coefficients fractionnaires

Exemple : Résoudre l'équation : x-3/5 = x+3/2

$T_{1.5}$: Ecrire l'ensemble solution d'une équation.

Pour l'étude praxéologique de ce manuel, nous remarquons que l'on a une organisation ponctuelle $[T,\varsigma,\theta_e, \Theta]$ et une organisation ponctuelle $[T_{i,k}, \varsigma_{i,k}, \theta_1, \Theta]$, avec i = 1, 2 et k = 1, 2, 3, 4,5.

Dans ce manuel, on a en fait une seule technique : la méthode de résolution par équations équivalentes, qui se base sur les propriétés de l'égalité.

Le tableau suivant reprend avec un peu plus de détails les types de tâches, les sous-tâches et les techniques qui y sont rattachées.

Type de tâches T_1: Résoudre une équation dans Z		
Sous- tâches	**Techniques**	**Technologies**
$T_{1.1}$	- Ajouter ou retrancher un même nombre aux deux membres d'une égalité - On peut faire passer un terme d'un membre à l'autre à condition de changer de signe	Simplifiabilité de l'addition dans Z : $a + c = b+c \rightarrow a=b$
$T_{1.2}$	- Multiplier ou diviser les deux membres d'une égalité par un même nombre non nul	Simplifiabilité de la multiplication dans Z^*. : $a.c = b.c \rightarrow a = b$
$T_{1.3}$	- Ajouter ou retrancher un même nombre aux deux membres d'une égalité, et ensuite - Multiplier ou diviser les deux membres d'une égalité par un même nombre non nul	Simplifiabilité de l'addition dans Z et simplifiabilité de la multiplication dans Z^*
$T_{1.4}$	- Réduire les deux fractions au même dénominateur - Ajouter ou retrancher un même nombre aux deux membres d'une égalité - Multiplier ou diviser les deux membres d'une égalité par un même nombre non nul	Deux fractions ayant le même dénominateur sont égales si et seulement si leurs numérateurs sont égaux
Type de tâches : Résoudre un problème par la méthode algébrique		
Sous-tâche	**Techniques**	**Technologie**
	- Marche à suivre : - Première étape : choix de l'inconnue - Deuxième étape : Résolution de l'équation - Quatrième étape : Retour à la solution du problème	Toutes les technologies précédentes

Il faut relever le fait que ce manuel est muet pour ce qui est de la mise en équation. Cette étape constitue en fait une tâche ignorée par les auteurs dans leur livre. Le manuel n'insiste pas non plus sur la vérification des résultats trouvés.

Les techniques utilisées pour les différentes tâches sont :

Pour le type de tâches T_1 :

$\tau_{1,1}$: le premier principe :

« Lorsqu'on ajoute ou retranche un même nombre aux deux membres d'une égalité, on obtient une nouvelle égalité équivalente à la première. » (Kayembe & al., 2011, p. 175)

Plus précisément, « on peut faire passer un terme d'un membre à l'autre à condition de changer son signe. » (Ibid., p. 175)

$\tau_{1,2}$: deuxième principe :

« *Lorsqu'on multiplie ou on divise les deux membres d'une égalité par un même nombre non nul, on obtient une égalité équivalente à la première.» (Ibid., p. 175)*

Pour le type de tâche T_2 :

τ_2 : marche à suivre :

- Première étape : Choix de l'inconnue (des inconnues)
- Deuxième étape : Mise en équation
- Troisième étape : Résolution de l'équation
- Quatrième étape : Retour à la solution du problème.

Pour le manuel Mathématiques 1ère année secondaire, nous avons les types de tâches suivants :

T_1 : Résoudre les équations du premier degré à une inconnue dans D.

T_2 : Résoudre des situations-problèmes utilisant une équation du premier degré à une inconnue.

T_3 : Construire des situations-problèmes utilisant une équation du premier degré à une inconnue.

T_4 : Résoudre des problèmes conduisant à une équation du premier degré à une inconnue.

Les techniques correspondant à ces tâches sont respectivement pour T_1 :

$\tau_{1,1}$: La simplifiabilité de l'addition dans D

$\tau_{1,2}$: La simplifiabilité de la multiplication dans D

$\tau_{1,3}$: L'égalité de deux fractions ayant même dénominateur.

Pour T_2 et T_4 :

τ_4 : Marche à suivre :

1° Choix de l'inconnue

2° Mise en équation

3° Résolution du problème

4° Vérification

5° Retour au problème.

Pour T_3 : Le manuel lui-même n'en fait pas cas : aucune référence théorique, aucun exemple, aucun exercice.

Nous retrouvons donc dans les deux manuels les mêmes techniques. Et pourtant, il en existe bien d'autres qui sont à la portée des élèves venant du primaire telles que :

1° La méthode par substitution qui consiste à remplacer l'inconnue par une valeur afin d'établir une égalité vraie. Cela peut se faire par reconnaissance numérique.

Par exemple, pour l'équation 3n = 18, la réponse 6 est donnée sans autre explication que 3x6 = 18.

2° La méthode par recouvrement qui est un procédé récurrent qui consiste à considérer, comme inconnue, l'expression algébrique contenant l'inconnue. Ainsi, l'équation

3.(4+x) = 18 peut être résolue de la manière suivante :

3.6 = 18 donc 4 + x = 6 donc x =2.

3° La méthode par opérations réciproques consiste à partir de l'état final à inverser les relations pour obtenir la valeur de l'inconnue. Par exemple, résoudre 2x + 7= 11 reviendra à effectuer (11-7) :2 = 2.

COMPARAISON DE BLOC TECHNOLOGICO-THÉORIQUE, $[\vartheta_2, \Theta]$, DE CHAQUE MANUEL

Les éléments technologiques présents dans les deux manuels sont la simplifiabilité de l'addition, la simplifiabilité de la multiplication, l'égalité de deux fractions ayant même dénominateur, qui se résument en la méthode par équations équivalentes. Ce qui change dans chacun des manuels est la manière de formuler les différentes techniques.

COMPARAISON DES TECHNIQUES, τ_i DE CHAQUE MANUEL.

Les techniques $\tau_{i,1}$, $\tau_{i,2}$, $\tau_{i,3}$, $\tau_{i,4}$ sont les mêmes dans les deux manuels.

COMPARAISON DU BLOC TECHNOLOGICO-THEORIQUE DE CHAQUE MANUEL $[\Theta_2, \Theta]$

Dans le premier manuel, aucune justification des « principes d'équivalence » n'est faite. Dans le second, la justification de chaque principe est précédée par des exemples numériques.

Dans toutes les organisations ponctuelles précédentes, la théorie n'est pas présente dans les manuels.

ETUDE QUANTITATIVE DES TYPES DE TÂCHES DANS LA PARTIE « EXERCICES » DES MANUELS

Nous présentons ci-dessous les tableaux pour chaque manuel regroupant les différents types de tâches et leurs occurrences dans les manuels.

MAÎTRISER LES MATHS

En plus des tâches du « cours », dans les exercices nous remarquons la présence d'autres telles que :

T_3 : Faire la preuve

T_4 : Dire dans chaque cas (sans résoudre) si le nombre donné est solution de l'équation donnée, y compris des équations paramétriques.

On a le tableau suivant :

Type de tâches	**T_1**	**T_2**	**T_3**	**T_4**
Nombre de tâches	36	33	25	16

Par rapport aux sous-tâches :

Sous-tâches	**$T_{1,1}$**	**$T_{1,2}$**	**$T_{1,3}$**	**$T_{1,4}$**	**$T_{1,5}$**
Nombre de sous-tâches	9	0	27	7	0

Les tableaux précédents indiquent clairement que le manuel s'imagine que les exercices sur les équations de la forme x + a= b, ax = b et ax +b = c seraient un acquis pour les élèves et il ne faut plus y insister. Ce qui est loin de la réalité.

Nous nous demandons ce que ce manuel poursuit en proposant aux élèves de 1ère secondaire des exercices comme ceux-ci

1) (5m +3) + (2m-4) = 9-(2-3m)
2) (n-3) – (n-1) = 7- (5-n) -2
3) 2(t-3) – (1-2t) = 8t -9
4) $\frac{a}{2} + \frac{a-3}{2} - 2 + \frac{1-a}{2} = \frac{a}{5} - 2$
5) $\frac{3x-2}{2} + \frac{2x-1}{8} = 5 + 17x + \frac{3}{4}$ (pp.178-179)
6) Par jour de 8h, 5 hommes et 3 femmes gagnent ensemble 6960 u.m[4]. Quel est le salaire horaire de chaque personne sachant que celui d'un homme surpasse de 30 u.m. celui d'une femme,… (p.185)

Ce manuel ayant une forte autorité dans le milieu des enseignants, les enseignants sont beaucoup influencés par son contenu lors de leur transposition.

MATHÉMATIQUES 1ÈRE ANNÉE SECONDAIRE

Le tableau des types de tâches est le suivant :

Type de tâches	**T_1**	**T_2**	**T_3**
Nombre de tâches Total : 44	29	15	0

Pour les sous-tâches on a :

Sous-tâches	**$T_{1,1}$**	**$T_{1,2}$**	**$T_{1,3}$**	**$T_{1,4}$**	**$T_{1,5}$**
Nombres de sous-tâches Total : 29	5	4	16	4	0

[4] u.m. désigne unité monétaire pour les auteurs de Maîtriser les Maths 1. Ils ont adopté cette expression pour éviter les diverses fluctuations que connaît la monnaie nationale par rapport aux prix réels sur le marché.

Ce manuel présente des exercices correspondant à ce qui est prévu par les programmes dans les deux premières séries, même si quelques-uns nécessitent un dépassement de la part des élèves.

Comme le premier manuel, il propose aussi des équations à coefficients fractionnaires telles que :

$\frac{5x-1}{7} - \frac{3x-7}{5} + \frac{1}{14} = 0$

$\frac{x+1}{2} - \frac{6x+7}{5} = \frac{4-3x}{5} - \frac{1}{8}$ (p.182)

ETUDE DES ORGANISATIONS DIDACTIQUES

Dans ce paragraphe, nous examinons comment les deux manuels peuvent aider les élèves à apprendre les équations et les enseignants à préparer leurs cours. Comme au point précédent, nous commencerons par la description de l'organisation didactique, pour chaque manuel, de l'objet équation, puis de là nous ferons quelques commentaires.

MAÎTRISER LES MATHS 1

Comme nous l'avons signalé plus loin, ce manuel n'offre pas une aide à un élève qui vient du primaire où les livres utilisés partent généralement des activités pour élèves. Ce manuel ne fixe pas les objectifs à atteindre par rapport à l'enseignement/apprentissage des équations et ne présente aucune activité. Et pourtant, les auteurs de ce manuel disent ceci :

« *Les objectifs qui auraient dû être atteints en fin du primaire ne le sont pas entièrement. Ainsi, les transitions entre l'arithmétique, les notions d'ensembles, l'algèbre et la géométrie ne se ménagent pas de façon correcte ; à telle enseigne que les apprenants n'ont plus une vue cohérente des théories enseignées et se trouvent devant des ruptures qui enlèvent le goût de l'apprentissage, découragent et mènent à l'échec. La publication de ce manuel constitue un début de solution à cette grave crise »* (Kayembe et al., 2011, p. I).

Les auteurs ne croient pas si bien dire, mais eux-mêmes sont aussi à côté de la plaque, du moins en ce qui concerne les équations. Ils offrent aux élèves comme aux professeurs un assemblage de définitions et de principes de résolution en oubliant justement les transitions auxquelles il faut accorder le plus d'attention possible.

Les auteurs, pour présenter ce qu'est une équation, partent de deux opérations à trous : 4+…= 7 et …- 5 = -11 et introduisent les équations 4 + a = 7 et x -5 = -11. D'où viennent a et x ? Quelles sont leurs identités ? Quel sens faut-il leur donner ? Et lorsqu'on se réfère aux fiches de préparation des enseignants observés, nous constatons que la définition de l'équation et les principes de résolution sont enseignés pendant la même séance. Aucune indication didactique ou méthodologique n'y est donnée.

Sur le plan de l'organisation didactique (au sens de Chevallard), ce manuel propose insuffisamment un moment de rencontre avec l'objet de savoir à travers les deux opérations à trous utilisées comme motivation et non comme activités d'approche pour les élèves. L'absence d'activités de départ ne permet pas de déterminer le type de tâche à réaliser. Les auteurs présentent eux-mêmes les techniques à utiliser et ne les justifient pas par une technologie. Le moment de l'institutionnalisation n'apparaît pas, car toutes les notions relatives aux équations sont présentées dès le départ par ostension.

MATHÉMATIQUES 1ÈRE ANNÉE SECONDAIRE

Dans la section « Equations dans D », le manuel présente deux objectifs à atteindre par rapport aux équations. Ils sont clairement énoncés au début de la section :

- *« Résoudre les équations du premier degré à une inconnue dans D*
- *« Résoudre et construire des situations-problèmes utilisant une équation du 1er degré à une inconnue »* (Mukoko, 2009, p. 176).

Viennent ensuite les activités. Celles-ci sont choisies de manière à bien assurer la transition entre l'arithmétique par les élèves au primaire et l'algèbre qu'ils auront à aborder. Comme ce livre est à la fois destiné à l'enseignant, aucun conseil n'est donné à ce dernier sur des obstacles bien connus auxquels les élèves peuvent se buter. Ces activités n'utilisent que l'opération additive et non les autres. Comme nous l'avons signalé plus loin, les situations-problèmes relatives à la mise en équation sont présentées de manière brusque, l'auteur ayant ignoré les expressions littérales. Ensuite, à chaque activité présentée correspond une série d'exercices que l'enseignant peut faire faire aux élèves pour travailler la technique

Les activités 1 et 2 constituent un moment de la première rencontre avec l'objet de savoir. L'auteur aurait fait œuvre utile s'il avait exploité les mêmes activités en demandant aux élèves comment ils procèdent pour répondre aux questions posées. Il essaie de le faire dans le paragraphe relatif à la résolution, mais il est difficile de faire apparaître les techniques utilisées pour résoudre les équations proposées. L'auteur écrit ceci :

« On sait que 2,9 = 2,9.

- Ajoute 5 aux deux membres de cette égalité, tu as : 2,9 + … = 2,9 + … Ce qui donne : … = …

- Retranche 3,1 aux deux membres de cette égalité, tu as 2,9 - … = 2,9 - … Ce qui donne : … = …

Complète :

a) x + 6 = 17,2 équivaut à x + 6 – 6 = 17,2 – 6 ou x = 17,2 – 6

b) 2x – 9 = 7 équivaut à 2x – 9 + … = 7 + … ou … = … » (Mukoko, 2009, p. 177)

Les activités proposées ici ne laissent pas transpirer les techniques que l'élève doit mettre en œuvre pour résoudre les équations données. Si les techniques sont présentes, les technologies qui les justifient ne le sont pas et avec raison, car à ce niveau, on ne peut pas les évoquer. L'environnement technologico-théorique serait bien présent si à la fin l'auteur avait aidé l'élève à énoncer le premier principe d'équivalence en ressortant clairement les éléments constitutifs du principe. Compte tenu du niveau excessivement bas de la transposition didactique interne des enseignants, il n'est pas évident que ceux-ci puissent le faire. Leurs fiches de préparation le témoignent. L'institutionnalisation intervient après les activités et l'évaluation lors des exercices proposés.

5 CONCLUSION

De ces deux manuels analysés, le premier ne présente pas une organisation didactique. Le deuxième organise le moment de rencontre et ressort des types de tâches. Le manuel M1S prévoit des techniques qui ne sont pas justifiées compte tenu du niveau élémentaire de l'institution. Les deux manuels procèdent à l'institutionnalisation directement après les activités. Ils terminent par des séries d'exercices qui constituent le moment d'évaluation.

Les manuels scolaires sont considérés comme un des produits de la première étape de la transposition didactique interne (Ravel, 2003) ou comme des institutions de formation pour les enseignants (Neyret, 1995). Pour des questions de faisabilité, nous avons choisi deux manuels qui sont les plus utilisés par les enseignants.

Dans l'analyse écologique que nous avons menée, en plus de l'identification de l'habitat et des niches occupés par les équations dans ces manuels, nous nous sommes particulièrement attaché à la vie de la niche. Nous avons organisé l'étude autour des points suivants :

- la reprise des notions d'arithmétique qui permet de mettre en exergue la continuité des connaissances acquises au primaire ;
- l'utilisation de l'initiation aux expressions littérales ;
- les notions mises en jeu en Première année secondaire.

Cette analyse nous a montré qu'il existe une seule démarche dans l'introduction de la notion d'équation dans ce qui est proposé par les manuels et qu'il y a un grand écart entre les intentions du programme et sa réalisation dans les manuels les plus utilisés, et surtout dans la manuel MM1. Des cinq niches qui sont visées par le programme de 2005, la seule privilégiée est le calcul numérique. Les expressions littérales ne sont pas considérées comme des notions préparatoires aux équations. Certainement influencés par le programme de 1983, un attachement injustifié à la niche ensembliste apparait à la fin de la résolution des équations.

Plusieurs facteurs peuvent expliquer le fait que cette volonté du programme n'est pas reprise par les manuels. Premièrement, l'approche du programme est en rupture avec les pratiques et les représentations dominantes de ce qu'est l'activité mathématique dans l'institution scolaire congolaise, ceci est d'autant plus vrai pour les auteurs de deux manuels qui des enseignants et qui enseignent plus longtemps, pour lesquels le cadre numérique est dominant. Ils ont en effet du mal à intégrer d'autres approches. Deuxièmement, les auteurs des manuels n'ont peut-être pas pris conscience que la mise en œuvre de différentes niches et même l'utilisation de différents registres sont importantes pour la compréhension de la notion d'équation. Troisièmement, le manque d'information et de formation fait que ceux-ci se contentent de ce qu'ils ont à portée de main, et donc, de ce que l'on a eu en position d'élève et en position d'enseignant des premiers moments, c'est-à-dire ce qu'ils ont « tout près (ou tout prêt) » selon l'expression de Bloch (1977, p. 3).

REFERENCES

[1] Arsac, G. (1989). La transposition didactique en mathématiques, in IREM et LIRDIS de Lyon (eds). *La transposition didactique en mathématiques, physique et biologie, (pp. 3-36).* Lyon.

[2] Artaud, M. (1997). Introduction à l'approche écologique du didactique. L'écologie des organisations mathématiques et didactiques. *Actes de la IX^ième^ Ecole d'été de didactique des mathématiques,* Houlgate, pp. 101-139, IUFM de Rennes.

[3] Artaud M. (2005). La TAD comme théorie pour la formation des professeurs. *Actes du 1^er^ Congrès International sur la Théorie Anthropologique du Didactique.* Jaen, Espagne. Chevallard, Y. (1985). Le passage de l'arithmétique à l'algèbre dans l'enseignement des mathématiques au collège. Première partie. *Petit x,* n° 5, IREM de Grenoble, pp. 51-94.

[4] Assude T. (1996). De l'écologie et de l'économie d'un système didactique : une étude de cas. *Recherches de Didactique des Mathématiques, Vol. 16,* n° 1, pp. 47-72. Chevallard, Y. (1989a). Le passage de l'arithmétique à l'algèbre dans l'enseignement des mathématiques au collège. Deuxième partie. *Petit x,* n° 19, IREM de Grenoble, pp. 43-75.

[5] Bloch, I. (1997). Les connaissances mathématiques de l'enseignant pour l'enseignement. *Petit x*, n° 45, IREM de Grenoble.

[6] Booth, L. (1984). Erreurs et incompréhensions en algèbre élémentaire. *Petit x*, n° 5-17.

[7] Booth, L. (1988). Children's difficulties in beginning algebra. In A. F. Coxford & A.P. Shulte (Eds). *The Ideas of Algebra, K-12. 1988 Yearbook,* Reston, VA : NTCM.

[8] Chevallard Y. (1989). Le concept de rapport au savoir. Rapport personnel, rapport institutionnel, rapport officiel. *Séminaire de didactique des Mathématiques et de l'Informatique,* n° 108, pp. 211-236.

[9] Chevallard, Y. (1990). Le passage de l'arithmétique à l'algèbre dans l'enseignement des mathématiques au collège. Troisième partie. *Petit x,* n° 30, IREM de Grenoble, pp. 5-38.

[10] Chevallard Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol. 12*, n° 1, pp. 83-121.

[11] Chevallard, Y. (1998). Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques : L'approche anthropologique. *Actes de l'U.E. de la Rochelle.*

[12] Chevallard, Y. (2002a). Organiser l'étude 1. Structures et fonctions. In Dorier J.-L. & alii (eds), *Actes de la 11^e^ école d'été de didactique des mathématiques – Corps – 21-30 Aout 2001,* (pp. 3 – 22). Grenoble : La Pensée Sauvage.

[13] Chevallard, Y. (2002b). Organiser l'étude 3. Ecologie et régulations. In Dorier J.-L. & alii (eds), *Actes de la 11^e^ école d'été de didactique des mathématiques – Corps – 21-30 Aout 2001,* (pp. 41-56). Grenoble : La Pensée Sauvage.

[14] Chevallard, Y. (2003). Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathématiques, in Communication aux *3^èmes^ Journées d'études franco-québecoises* (université René Descartes Paris 5, 17-18 juin 2002), paru dans S. Maury S. & M. Caillot (éds), *Rapport au savoir et didactiques,* Editions Fabert, Paris, 2003, pp. 81-104.

[15] El Mouhayar, R. (2007). *Etude des pratiques d'enseignement des mathématiques au niveau de l'école moyenne (11 – 15 ans) dans le cas de l'algèbre en France et au Liban,* Thèse de doctorat en didactique des mathématiques, Université Lumière – Lyon et Université Libanaise.

[16] Grugeon, B. (1995). *Etude des rapports institutionnels et des rapports personnels des élèves à l'algèbre élémentaire dans la transition entre deux cycles d'enseignement : BEP et Première G.* Thèse de doctorat en didactique des mathématiques, IREM Paris VII.

[17] Kieran, C. (1992). The learning and teaching school algebra. In D. Grouws (eds). *Handbook of Research on Mathematics Teaching and learning,* (pp. 390 – 419), New York : Mac Millan.

[18] Kieran, C. (1994). A functional approach to the introduction of algebra – some pros and cons. *Proceedings of PME 18*, Vol. 1, 157 – 176.

[19] Majaj, M. (2011). *L'enseignement de l'arithmétique en France au collège et à la transition collège/lycée,* Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble 1.

[20] Menssouri, D. (1994). *Essai de délimitation en termes de problématiques des effets de contrat et de transposition : le cas des relations entre droites et équations dans les classes de Seconde et de Première.* Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier – Grenoble 1.

[21] Mukoko Nzwana, S. (2009). Mathématiques 1^ère^ année secondaire. Arithmétique – Algèbre – Organisations de données – Géométrie. Kinshasa : Ed. Centre de Recherches Pédagogiques (CRP).

[22] Neyret, R. (1993). *Contraintes et déterminations des processus de formation des enseignants : nombres décimaux, rationnels et réels dans les Instituts universitaires de Formation des Maitres,* Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier – Grenoble 1.

[23] Nguyen, A. Q. (2006). *Les apports d'une analyse didactique comparative de la résolution des équations du second degré dans l'enseignement secondaire au Viêt-Nam et en France,* Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble 1.

[24] Ravel, L. (2003). *Des programmes à la classe : étude de la transposition didactique interne – Exemple de l'arithmétique en terminale S spécialité mathématique,* Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble 1.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1513-1517
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Valeurs nutritives, toxiques et paramètres physico-chimiques de la matière grasse des termites consommés à Kisangani et à Mbuji-Mayi (RD Congo)

[The nutritional value and the physic -chemical characteristics of the far extracted of the Macroterms mulleri dried the Kisangani and Mbuji-Mayi (RD Congo)]

K. Katembua[1], A. Moango[2], K. Kayisu[3], and L. Juakaly[4]

[1]Département de chimie, Faculté des sciences Université de Kisangani, B.P : 2012, RD Congo

[2]Laboratoire de Pédologie, Faculté de gestion des ressources naturelles renouvelable, Université de Kisangani, RD Congo

[3]Laboratoire de chimie alimentaire, IFA - Yangambi, RD Congo

[4]Laboratoire de Zoologie, Faculté des sciences, Université de Kisangani, RD Congo

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

ABSTRACT: The nutritional value and the physicochemical characteristics of the far extracted of the Macroterms mulleri dried and sold at the Kisangani and Mbuji-Mayi market's. It appears from this study that Macroterms mulleri contein protein, fat, calcium, magnesium, iron, phosphorus, cuivre, zinc, and cobalt. The Macroterms mulleri not contain toxic substances
The Macroterms mulleri is good food from the population of Kisangani and Mbuji-Mayi (RD Congo).

KEYWORDS: Macroterms mulleri, Nutritional, Toxic, physicochemical characteristics, Kisangani, Mbuji-Mayi, Insects, RD Congo.

RESUME: La valeur nutritionnelle et les caractéristiques physico-chimiques de la matière grasse extraite de la farine des termites sèches et vendus au marché de Kisangani et Mbuji-Mayi RD Congo. Il ressort de cette étude que les termites renferment des bonnes valeurs en protéines, lipides, cendres brutes, matière organique, minéraux et la matière grasse renferment des bonnes caractéristiques physico-chimiques. Ces termites ne renferment aucune substance toxique. Donc la population de la RD Congo peut consommer ces termites sans aucune crainte.

MOTS-CLEFS: Macroterms mulleri, Nutritive, Toxique, caractéristiques physico-chimiques, Kisangani, Mbuji-Mayi, RD Congo.

1 INTRODUCTION

En Afrique, en dépit des efforts substantiels fournis en vue d'accroître la production alimentaire, la malnutrition persiste et l'insécurité alimentaire conjoncturelle ou chronique affecte de plus en plus des ménages, notamment en milieu rural [1]. Ainsi, à travers l'atelier sur la promotion des ressources alimentaires non conventionnelles tenu à Douala au Cameroun en 1992, il a été recommandé que la valorisation de ces ressources est l'une des principales voies pour faire face aux besoins protéiques pour la population africaine et aider ainsi à lutter contre la malnutrition .

La consommation des insectes reste un atout important dans l'alimentation de nombreux peuples des régions tropicales Bergier [2] ; De Foliart [3] ; Silow [4]. Aujourd'hui, la consommation de près de 2000 espèces d'insectes est établie, ceux-ci relevant de 14 ordres et 105 familles différentes Malaisse [5].

En Côte d'Ivoire, parmi les termites, les ailes de Macrotermes sont consommées aussi bien chez les populations rurales que citadines [6].

En République centrale africaine, les mangas capturent et mangent les termites au rythme des tambours d'une grande cérémonie qui rassemble toute la tribu. Ces chasseurs de termites les capturent puis s'en délectent avec un rituel codifié : la reine gonflée d'œufs, est mangée à la fin de la cérémonie par les femmes de la tribu, auxquelles elle apportera fécondité et jeunesse.

Certains insectes sont consommés pour leur vertu médicinale, c'est ainsi que Ding Zimian et al [7] et Inward [8], ont montré qu'environ 4% des extraits provenant de 800 espèces d'arthropodes terrestres possèdent des activités « anti – cancer » (Le magazine culturel de l'Université de Liège).

Parmi ces insectes, les termites sont les plus consommés en République Démocratique du Congo après les chenilles, par la population en quête de sources de protéines en remplacement de la viande et du poisson [9].

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATÉRIEL D'ÉTUDES

Le matériel d'étude est constitué des termites de Kisangani et de Mbuji-Mayi.

Ces échantillons ont été conditionnés au laboratoire de chimie de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani.

2.2 PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS POUR L'ANALYSE CHIMIQUE

Après conditionnement les échantillons ont été moulus pour avoir la poudre fine. Cette poudre fine nous a permis pour faire les analyses des protéines, lipides, cendres, minéraux, substances toxiques. La matière grasse a été bien conservée pour les analyses de constants physico-chimiques.

2.3 ANALYSE CHIMIQUE

Les cendres ont été obtenues à haute température (550°C), à partir d'un échantillon séché à l'étuve à 105°C pendant 24heur, les protéines ont été dosées en utilisant la méthode Kjeldahl et le pourcentage d'azote obtenu en multipliant par 6,25, les lipides ont été obtenus par la méthode de Soxhlet, les minéraux ont été obtenus par la méthode de Groegart et méthode Spectrophotométrique, les constants physico-chimiques ont été déterminés par la méthode FAO/OMS [10].

Le test qualitatif d'oxalate a été effectué selon Feigl [11]. Celui de cyanures selon F. Fritz and A. Vinzenz [12] et nitrite selon Dessart et Jodogne [13] tandis que celui de nitrates a été effectué selon F. Fritz and A. Vinzenz [12] et Plomb selon Guéria T. Noël [14].

Les traitements statistiques de données ont été réalisés grâce au Logiciel SPPS14 pour les calculs des moyennes, écart-type et ANOVA.

3 RESULTAT ET DISCUTIONS

3.1 TENEUR EN PRINCIPAL SUBSTANCE NUTRITIVE

Sites	%Protéines	%lipides	%Cendres	%Matière Organique
Kisangani	34	45,7	8,9	12
Mbuji-Mayi	32	52,3	8,9	13

Il ressort de ce tableau (1), que nos résultats trouvés varient de 32-34% des protéines pour Mbuji-Mayi et Kisangani, de 45,7-52,3% des lipides pour Kisangani et Mbuji-Mayi,. Les deux sites présentent la même teneur en cendre brute et la matière organique varie entre 12-13% pour Kisangani et Mbuji-Mayi.

Selon V.A, Degroote [15], la teneur en protéine des larves des coléoptères séché est de l'ordre de 10.1%, en partent de nos résultats nous remarquons que les termites de Kisangani et Mbuji-Mayi ont de teneur élevée en protéine.

Selon Kassen Al-Sayed Mahmoud [16], l'Œuf de saumon à une teneur en protéine de l'ordre de 1,7% en comparant aux valeurs des protéines trouvés pour nos deux sites, les termites ont de teneurs plus riches en protéines.

Selon Bernard, PhD [17], ses valeurs trouvées pour les protéines de grillon domestica (57%), vers de terre (74%) sont supérieures par rapport à nos valeurs.

Selon Jean louis Themis [18], la teneur en lipides de Bœufs est de l'ordre de 8-20% cette valeur trouver est inférieur à celle des termites de Kisangani et Mbuji-Mayi nos résultats trouvés pour nos deux sites (45,7-52,3%).

Selon Abdenouri et al [19], ils ont trouvé dans la poudre du lait 0,7% de cendre brute, nous remarquons que cette valeur est inférieure en comparant à nos résultats trouvés pour les termites de deux sites (8,9%). Nos résultats trouvés sont plus élevés que ceux trouvés par Bouafu et al [20] pour la farine d'asticots séchés (7,1%).

L'analyse de la variance montre que la différence est significative entre les protéines, les lipides, les carbones et les matières organiques de deux sites, $F<0,001$, $P<0,05$.

3.2 TENEUR EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX

Termites	Ca	Mg	Fe	P	Cu	Zn	Co
Kisangani	0,8	0,1	0,4	0,01	0,02	0,02	0,05
Mbuji-Mayi	0,8	0,4	0,1	0,1	0,02	0,01	0,04

Il ressort de ce tableau que les éléments minéraux de 0,8% de calcium pour les deux sites, 0,1-0,4% de Magnésium pour Kisangani et Mbuji-Mayi, 0,1-04% de Fer pour Mbuji-Mayi et Kisangani, 0,01-0,1% de Phosphore pour Kisangani et Mbuji-Mayi, 0,02% de Cuivre pour les deux sites, 0,01-0,02% Zinc pour Mbuji-Mayi et Kisangani et 0,04-0,05% de Cobalt pour Mbuji-Mayi et Kisangani.

Selon Apfelbaum et al [21] ils ont trouvé les valeurs de Calcium dans le Fromage frais (0,1%) ; Cammenbert (0,1%) ; Sardine à l'huile (0,03%) ; Crevette en boîte (0,01%) ; Crabe (0,04%) ; Bœuf (0,01%). Nous remarquons que ces valeurs sont inférieures par rapport à nos valeurs trouvées pour les deux sites (0,8%).

Ces deux valeurs de fer (0,1 – 0,4%) sont supérieures à celle du lait (0,096%) selon Michel Clément [22].

Selon Malaisse et Parent [23], ils ont trouvé la teneur en Phosphore, Anaphe panda (0,45%) ; Athietes semiella (0,5%) ; Bunaea alcinae (0,7%) ; Elaphrodes lactea (0,6%).

La teneur de Cuivre (0,02%) pour les deux sites étudiés est la même, cette valeur (0,02%) est supérieure à celles de foie de bœuf (0,002%) (http : //www.ac.nancy.metz.fr/enseign/physique/nowrprogr./prem_L/docs/alim_av/TPfoligoelemens[24]

Les deux valeurs de Zinc trouvées pour les deux sites (0,01% et 0,02%) sont supérieures à celle de :

- la viande rouge (0,0015–0,0035%) (www.0mafca.gav.on.ca/french/crops/pub360/; [25]
- huitres et poisson (0,015%) (http://www.ac.nancy_metz.fr/enseign/physique/nowvprogr/prem_L/docs/alim_ent./TP et oligoéléments) [24].

L'analyse de la variance montre qui a une différence significative entre certains minéraux examinés de Kisangani et de Mbuji-Mayi notamment le Magnésium, le Fer, le Phosphore, le Cuivre, et le Cobalt ($F<0,001$, $P<0,05$). Sauf pour le calcium où la différence n'est pas significative avec comme $F=3$, $P>0,05$. Le Zinc présente une égalité des valeurs entre les deux sites.

3.3 TENEUR EN PARAMÈTRE PHYSICO-CHIMIQUE DE LA MATIÈRE GRASSE

Termites	Indice d'iode	Indice de peroxyde	Indice d'acide	Densité	Indice réfraction	Ph
Kisangani	48,9	112	72,5	0,91	1,49	6,7
Mbuji-Mayi	47	113	71,8	0,83	1,4	6,8

Il ressort de ce tableau que le taux d'indice d'iode varie de 47-48,9 pour Mbuji-Mayi et Kisangani, l'indice de peroxyde varie de 112-113 pour Kisangani et Mbuji-Mayi, l'indice d'acide varie de 71,8-72,5 pour Mbuji-Mayi et Kisangani, la densité varie de 0,83-0,91 pour Mbuji-Mayi et Kisangani, l'indice de réfraction varie de 1,4-1,49 pour Mbuji-Mayi.

Et enfin le pH varie de 6,7-6,8 pour Kisangani et Mbuji-Mayi.

Ces deux valeurs d'indice de peroxyde (112-113) sont supérieures à celles des chenilles Imbrasi oyemensis (6,95) trouvées par Raphaël Amon Akpossan [26].

La densité de l'huile des termites de Kisangani (0,91) est inférieure à celle du lait cru (1,03) Harcham Labroni [27].

Selon Séro Kora [28] la teneur de la densité de lait et fromage au Bénin est supérieur (1,03) à celle des termites de deux sites (0,83-0,91). Cela est aussi vrai pour lait de chamelle (1,0384) Barabosa [29] , et lait (1,54) selon Abdelatif Bensalah [30].

Ces deux valeurs de l'indice de refraction (1,4 – 1,49) sont voisines à celles de beurre de vache (1,46) et margarine (1,46) FAO/OMS [10] (www.nutrition.wikebis.com) et celles de l'huile de Citrullus et Lazanaria (1,46 – 1,47) (Kabele Ngiefu et al [31].

L'analyse de la variance appliquée aux différentes teneurs des paramètres physico-chimiques de la matière grasse (indice de réfaction, densité, pH, et indice d'acide) entre Kisangani et Mbuji-Mayi montre que la différence est significative, $F<0,001$, $P<0,05$.

3.4 ANALYSE QUALITATIVES DES SUBSTANCES

Termites	Nitrite	Nitrate	Cyanure	Oxalates	Plomb
Kisangani	-	-	-	-	-
Mbuji-Mayi	-	-	-	-	-

Il ressort de ce tableau que les termites de deux sites ne renferment pas de substances toxiques.

4 CONCLUSION

En nous référant, à nos résultats trouvés, nous pouvons donc dire que les termites de Kisangani et de Mbuji-Mayi constituent un apport important en éléments nutritifs des valeurs en ce qui concerne les protéines, les lipides, les minéraux et les paramètres physico-chimiques de la matière grasse.

Ces termites ne contiennent pas des substances toxiques. Les hypothèses et les objectifs formulés ont été atteints.

L'ensemble de ces résultats justifie l'utilisation de ces termites dans l'alimentation des populations de ces deux villes de la RD Congo.

Eu égard à ce qui précède, nous suggérons que les analyses quantitatives approfondies de la composition en acides gras et aminés de la matière grasse de ces termites soient menées compte tenue de leurs proportions élevées en lipides et protéines.

Enfin, que nos forêts doivent être protégées pour que ces insectes pour permettre l'écologie et le cycle de vie des ces insectes.

REMERCIEMENT

Nous remercions les professeurs ci-haut cites pour avoir contribué scientifiquement et matériellement pour la réalisation du présent article.

Nos remerciements s'adressent également aux différents laborantins pour leur collaboration.

REFERENCES

[1] Ekoué : Améliorer la sécurité alimentaire à travers le dialogue sur les politiques et stratégies. Atelier sur la promotion des ressources alimentaires non conventionnelles, p.4. 2002
[2] Bergier E., Insectes comestibles et peuples entomophages, Avignon, France, Rullières, Frères, p.229. 1941
[3] G.R. De Foliart: Insects as a source of protein, Bull, Ent. Soc. Am., 21(3), pp.161-163. 1975
[4] Silow A., : Edible and others insects of Mid. Westera Zambie, Studies in ethno-entomology II, Occasional papers, Institutioner for all munock Jamporante et mografivid uppsale university V, p.283. 1976
[5] Malaisse F., 2003 : Human consomption of Lapidoptera, Termites arthoptera and Ants in Afri in M. Malaisse F., 2004: Ressources alimentaires non conventionnelles, Tropicultura, SPR, pp.30-38.
[6] Ekpo et Onigbende,: in Hardouin, J. et Mahouk, G.: Zootechnie d'insectes, Gembloux, Belgique, Bedine, p.160. 2007

[7] Ding Zimian, Zaho Yong Yhua, Goaxiwa,: Medicinal insects in Chine, Ecol. Food and nutri. 36, pp.29-50. 1996
[8] Inward &Beccaloni G. Eggleton P.: Death of an Oder a comprehensive molecular phytogenetic study confirms that termites are eusocial cockroaches. Biol. Lelt 3, pp.331-335.dol.10. 1098/asbl. 2007.01.02, Abstract/FREE Full Text. 2007
[9] Nkouka, E., Les Insectes comestibles dans les sociétés d'Afrique centrale, Muntu, 6, p.171-178. 1987
[10] FAO/OMS : Les Graisses et Huiles dans la nutrition humaine, Rapport d'une Consultation mixte d'experts, Rome, p.26. 1983
[11] Feigl, F., Amangere, R. & Despi, J., 1966: Spert tests an organic analysis, 7th ed., New-York, p.81.
[12] F. Fritz and A. Vinzenz; Spot tests in organic analysis, 7th ed. Elsevier Publishing Company, London, 1966.
[13] Dessart A., Jodogne J., et Paul, J. : Chimie analytique, 10ème éd. A. de Boeck, Bruxelles, pp.164-165. 1973
[14] Guéria T. Noël : La détermination de plomb dans les feuilles de manioc, 2009
[15] Degrote V.A : Table de composition alimentaire pour la R.D.C, Kinshasa p.10-13. 1975
[16] Kassen Al-Sayed Mahmond, Extraction, Fractionnement et Caractérisation des lipides polyinsaturés d'œufs de la Truite Arc-en-ciel (Oncorhyn chusmukoss), p.85. 2002
[17] Bernard B., PhD, & E. Allenn phD: Feeding captive insectivo roms animals: Nutritional Aspects of insects as food. Département of zoology Michigan State university East Lansing, MI 488 24, 2008
[18] Jean louis Thémis : Des insectes à croquer, 1999
[19] N. Abdenouri, A. Idlimun et M. Kouhila : Etude hygroscopique du lait en poudre p 25, 2008
[20] Bouafu K.G.M, Kouamé K.G & Offoumou A.M : Bilan azoté chez le rat en croissance de la farine d'asticots séchés p71, 2007
[21] Apfelbaum M. Romon M. Dubus: Diététique et Nutrition 6è éd. Masson, paris p52, 2004
[22] Jean-Michel Clément : Larousse agricole, p.664-665. 1984
[23] Malaisse et Parent, L.: Beiges méridionaux du Shaba (Zaïre) Naturalistes de comestibles de chenilles de G., G_1, pp.2-24. 1980
[24] http://www.ac.nancy.metz.fr/enseign/physique/nowrprogr./prem_L/docs/alim_av/TPfoligoelemens
[25] http://www.0mafca.gav.on.ca/french/crops/pub360/
[26] Ekpo et Onigbende, in Hardouin, J. et Mahouk, G., Zootechnie d'insectes, Gembloux, Belgique, Bedine, p.160. 2007
[27] Raphaël Amon Akpossan, Bamond Ahipo Due, Jean Parfaif E.N.Kouadio et Lucien Patrice Kouamé, Nitritional value and physic chemical characterization of the fat of the caterpillar (Imbrasia aeyemensis) dried and solda at the adjamé market in Abidjan cote d'ivoir journal of animal ∞ plant science. Vol.3, issue 3: 243-250. 2009.
[28] Harcham, Labioni, Laorousi, El.moualdi, Abderrahm, Benzakou, Mohamed, El Yachioni, El Hassan Berny, Mohamed Ouhssime,: Etude physic-chimique et Microbiologique de laits crus, p.148. 2009
[29] Séro Kora: Lait et fromage au Bénin, p.31. 2005
[30] Barabosa: Physic-chemical and Macrobiological charateristics of Soat milk in Portugal BF, p.89. 1986
[31] Abelatif Bensalek : Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique du lait cru et diagnostique de Brucellose et manmites dans la région de Themcen en Algérie, p.22. 2010
[32] Kabele Ngiefu : Composition en acides gras totaux des huiles de Citrullus lavatus muspeld et de Lagevaria sikeraria, tandley, p.32. 1982.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1518-1522
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Valeurs nutritives, toxiques et paramètres physico-chimiques de la matière grasse de trois variétés des chenilles (Elaphrades lectea, Buraeopsi aurantiaca, Imbrasia epimether) vendus au marché de kisangani et ses environs (RD Congo)

[Nutritional value, toxic and physicochemical parameters of the fat content of three varieties of caterpillars (Elaphrades lectea, Buraeopsi aurantiaca, Imbrasia epimether) sold at the kisangani market and its surroundings (DR Congo)]

K. Katembua[1], A. Moango[2], K. Kayisu[3], and L. Juakaly[4]

[1]Département de chimie, Faculté des sciences, Université de Kisangani B.P : 2012, RD Congo

[2]Laboratoire de Pédologie, Faculté de gestion des ressources naturelles renouvelable, Université de Kisangani, RD Congo

[3]Laboratoire de chimie alimentaire, IFA - Yangambi, RD Congo

[4]Laboratoire de Zoologie, Faculté des sciences, Université de Kisangani, RD Congo

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

ABSTRACT: The nutritionals values, toxics and the physic-chemicals parameters of the far extracted of the flour from caterpillar were determined.
The results show that the dried caterpillar is a type of food with substantial nutritional value.

KEYWORDS: Elaphrades lectea, Buraeopsi aurantiaca, Imbrasia epimether, insects, Kisangani, RD Congo.

RESUME: Les valeurs nutritives, toxiques et paramètres physico-chimiques de la matière grasse extraite de la farine de ces trois variétés des chenilles ont été déterminés.
Les résultats obtenus montrent que ces variétés des chenilles sèches sont des aliments d'une grande valeur nutritionnelle.

MOTS-CLEFS: Elaphrades lectea, Buraeopsi aurantiaca, Imbrasia epimether, insectes, Kisangani, RD Congo.

1 INTRODUCTION

L'Afrique est encore loin de l'autosuffisance alimentaire, car plus 800 millions personnes souffrent encore de la sous-alimentation notamment dans les pays moins avancés. La malnutrition et la famine ils sont encore d'actualité. Selon un rapport d'association internationale caritative, OXFAM, intitulé les causes de, la un examen des crises alimentaire secouant l'Afrique ; on constante que la crise alimentaire continue de s'aggraver en Afrique [1]

La hausse de prix des denrées alimentaires st la cherté de la vie constituent des contraintes pour de nombreux ménages. Nombreux sont ceux qui éprouvent des difficultés pour s'alimenter convenablement parce qu'ayant moins de ressource. Pour une amélioration de la situation, il convient de valoriser des ressources locales moins couteuses mais avec un apport nutritionnel important comme recommandé par l'organisation mondiale de la santé.

Selon Arnold Van Huis, il existe actuellement une crise de la viande et avec une croissance démographique à la hausse, la population mondiale passera de 6 milliards actuellement à 9 milliards d'ici 2050. Sachant que les gens consomment de plus en plus de la viande, on aura besoin d'une autre planète [2].

La solution à ce problème ne se trouverait elle-t-elle pas dans la consommation des insectes ? Surtout si l'on considère le rôle important que jouent les insectes dans notre société.

Il est admis depuis des siècles que des insectes ont été consommés par l'homme dans de nombreuses parties du monde, mais l'intérêt scientifique pour la valeur nutritive des insectes est relativement récent. Une excellente synthèse à ce propos a été réalisée lors d'un symposium international sur la biodiversité en Agriculture à Beijing en 1995 [3].

L'organisation des Nations unies pour L'agriculture et L'alimentation estime qu'au moins 80 % de la population mondiale consomme déjà des insectes. La FAO conseil aux 20% restants d'en faire de même pour assurer la suffisance alimentaire de la planète. L'augmentation de la consommation des insectes est un moyen de limiter la consommation de la viande [2].

Les insectes contribuent de manière significative à la sécurité alimentaire et aux moyens d'existence des populations de nombreux pays en développement. Le fait d'inclure la contribution des insectes comestibles dans les les programmes nationaux de sécurité alimentaire pourrait aider à satisfaire la demande croissante de protéines pour des humaines et le bétail, notamment à sauvegarder la sécurité alimentaire des populations tributaire de la foret pour leurs moyens d'existences [4],. La composition en acides animés de la plupart des insectes comestibles est proche de la norme de référence préconisée par FAO et L'OMS. [5]

Les chenilles figurent dans la liste des insectes le plus consommes. L'importance des chenilles en Afrique de l'Est telle que les termitières elles-mêmes font l'Object d'appropriation par des particuliers et sont transmises aux descendants de la famille par voie d'héritage [3]

2 Materiel Et Methodes

2.1 Matériel

Nous avons utilisé les échantillons des chenilles achetés au marché de MBUJI MAYI. Les échantillons ont été secs à l'étuve pour s'assurer d'avoir débarrassé l'échantillon de toute humidité avant les analyses demandant la matière sèche.

2.2 Méthodes

Le dosage d'humidité a été effectué selon la méthode de [6]. Les protéines brutes ont été déterminées par la méthode Kjeldahl telle que décrite par [7]. Les lipides ont été extraits par Soxhlet tandis le calcium et le magnésium ont dosés par méthode complexometrique à l'E.D.T.A selon [8] et le fer par bichromatometrie selon [9]. L'indice d'acide, l'indice de saponification, indice de peroxyde, la détection D et E et les acides carboxyliques selon [10]

La détection des protides selon [11], la détection de vitamine E selon [12] et la détection des acides carboxyliques selon [10].

Les traitements statistiques de données ont été réalisés grâce au Logiciel SPPS14 pour les calculs des moyennes, écart-type et ANOVA.

3 Resultats Et Discussion

3.1 Teneurs en principales substances nutritives

Espèces	% Humidité	% Protéine	% Lipide	% Cendre	% Matière Organique
Elaphrades lectea	12	28 ,50	24,06	9	10
Buraeopsi aurantiaca	12,5	27,90	25,4	10	11
Imbrasia epimether	13	27,20	13,08	8,5	9

Le résultat de ce tableau montre que la teneur en humidité varie de 12-13%, la teneur en Protéine varie de 27,2-28,5%,la teneur en Lipide varie de 13,08-25,4%,Le taux de cendre varie de 8,5 -10% et enfin la teneur en Matière Organique varie de 9-11%.

Selon [13] la teneur en protéine de Musca domestica (61,8 – 63,5%), Isoptères (36 – 45,6%), Melanoplus sp (75,3%) ; Oxya sp (61,8 – 74,7%) et Sphenarium sp (50,8%) [14] ; Farine d'abeille (68,4%) sont plus élevés de celle de nos trois espèces de chenilles.

Nos valeurs de protéines trouvent sont superieurs à celle trouvées par

[15] pour les chenilles fraîches (10,6%), Bœuf cuit (22,6%) ; poisson frais (18,8%), poisson cuit (16,6%) et par Santos Oliveira, 1976 pour Rhynchophorus phoenicis (20,3%)

Selon [4] ses valeurs trouvées dans *Cirina forda* (13,0%) ; *Imbrasia peteveri* (9,1%), *Imbrasia crothysis* (9,3%), *Anaphe panda* (31,7%), *Elaphrodea lactea* (21%) sont inferiures à nos valeurs trouvées

Selon[16]valeur de cendre trouvée dans Rhynchophorus phoenicis (6,9%) est inférieure à nos valeurs trouvées (8,9%)

3.2 TENEURS EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX

Espèces	Ca	Mg	P	Fe	Na	Cu	Co	Ni
Elaphrades lectea	0,8	0,3	0,3	0,7	0,5	0,6	0,3	0,1
Bunaeopsi aurantiala	0,7	0,2	0,2	0,8	0,3	O, 5	0,2	0,1
Imbrasia epimethla	0,75	0,4	0,4	0,7	0,6	0,5	0,4	0,2

Le ressort de ce tableau que la teneur de calcium varie de 0,7-0,8%, la teneur en magnesium varie de 0,2-0,4%,la teneur en phosphore varie de 0,2-0,4%,la teneur en fer varie de 0,7-0,8%,la teneur en sodium varie de 0,3-0,6%,la teneur en cuivre varie de 0,5-0,6%,la teneur en colbat varie de 0,2-0,4% et enfin la teneur en nickel varie de 0,1-0,2%.

Selon [17] ses valeures trouvées pour Rhynchophorus phoenicis (0,32%) ; Acanthacins ruficornis (0,2%) ; Omithacins magnifica (0,175%) ; Namodocins septempasciata (0,1%) de calcium sont inférieures à nos valeurs trouvées de 0,7-0,8%.

Selon [18] Aliments = 2738nom.) ; La teneur en fer trouvée est inférieure à celle de nos trois espèces trouvée.

Selon [19]; la teneur de cuivre de nos espèces est supérieure à celle de huitre (0,008%).

3.3 TENEURS DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA MATIÈRE GRASSE

Espèces	Densité	Indice de Réfraction	p^H	Indice de saponification	Indice d'iode	Indice d'acide
Elaphrades lectea	0, 3	1,5	6,7	107	72	3,8
Bunaeopsis aurantiala	0,3	1,4	6,5	106	70,5	3,4
Imbrasia epimethla	0,4	1,5	6,8	115,5	71	3,5

Il ressort de ce tableau que la densité varie de 0,3-0,4, l'indice de réfraction varie de 1 ,4-1,5, pH varie de 6,5-6,8, l'indice de saponification varie de 106-115,5, l'indice d'iode varie de 70,5-72 et enfin l'indice d'acide varie de 3,4-3,8.

Selon [20] la teneur de densité d'huile de coprah (0,92) est supérieure à celle de nos trois espèces des chenilles.

Selon [21] la teneur de densité du lait de chèvre (1,03), lait de vache (1,035) ; lait de brebis (1,0347), lait de chamelle (1,0384) est supérieure à celle de nos trois espèces des chenilles.

Ces trois valeurs (1,4 – 1,49) sont voisines à celles de beurre de vache (1,46) et margarine (1,46) [23].

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence significative pour l'humidité, les lipides, certains minéraux examinés notamment le Magnésium, le Fer, le Phosphore, le Cuivre, le Cobalt, Nikel et Sodium ($F<0,001$, $P<0,05$). Sauf pour le carbone où la différence n'est pas significative avec comme $F=3$, $P>0,05$.

3.4 ANALYSES QUALITATIVES DES SUBSTANCES TOXIQUES

Espèces	Nitrate	Nitrite	Cyanure	Oxalate	Cr^{+6}	p^b
Elaphrades lectea	-	-	-	-	-	-
Bunaeopsis aurantiala	-	-	-	-	-	-
Imbrasia epimethla	-	-	-	-	-	-

Il ressort de ce tableau que les trois espèces des chenilles ne renferment pas les substances toxiques

3.5 DÉTECTION DES PROTIDES, DE VITAMINE A, VITAMINE E ET DÉTECTION DES ACIDES CARBOXYLIQUES DANS LA MATIÈRE GRASSE DE CES TROIS ESPÈCES DES CHENILLES

Espèces	Protide	vitamine A	vitamine E	détection des acides carboxyliques
Elaphrades lectea	+	+	+	+
Bunaeopsis aurantiala	+	+	+	+
Imbrasia epimethla	+	+	+	+

Le ressort de ce tableau que la matière grasse de ces trois espèces contiennent de protide, vitamine A, vitamine E, détection des acides carboxyliques.

4 CONCLUSION

Ce travail avait comme objectif principal d'analyser quantitativement et qualitativement les substances nutritives, toxiques et paramètres physico-chimiques de la matière grasse de ces trois variétés des chenilles.

Les résultats obtenus des analyses chimiques montrent que ces trois variétés des chenilles constituent un apport complémentaire important des éléments nutritifs en ce qui concerne les protéines, les lipides, les minéraux et cette matière grasse referme les bons paramètres physico-chimiques.

L'ensemble de ces résultats justifie l'utilisation des chenilles dans l'alimentation des populations de KISANGANI et ses environs (RD Congo).

Que d'autres chercheurs puissent faire des recherches sur d'autres espèces des chenilles.

REMERCIEMENT

Nous remercions les professeurs ci-haut cites pour avoir contribué scientifiquement et matériellement pour la réalisation du présent article.

Nos remerciements s'adressent également aux différents laborantins pour leur collaboration.

REFERENCES

[1] Nkouka, E., Les Insectes comestibles dans les sociétés d'Afrique centrale, Muntu, 6, p.171-178, 1987
[2] PERRIN, G : Manger les insectes fait du bien à la planète, 2010
[3] Hardouin, J. et Mahoux, G, Zootechnie des Insectes : élevage et utilisation au bénéfice de l'homme et certains animaux. Dedin, p.124. 2005
[4] PAUL LATHAN : Les Chenilles comestible, et leurs plantes nourricières dans la province du Bas-Congo, p.32-50. 2003
[5] FAO/OMS, Les Graisses et Huiles dans la nutrition humaine, Rapport d'une Consultation mixte d'experts, Rome, p.26. 1983
[6] GROEGART : Recueil des modes opératoires en usage au laboratoire d'analyse de L'INEAC, Bruxelles. 380 p (1958
[7] Audigié, C. ; Frigarell A.E. et Zouzain F., Manipulation d'analyse biochimique, Paris, Doin, pp.21-23. 1983
[8] CHARLOT: Les méthodes de chimie analytique : analyse quantitative éd. Massa. Paris. 500p. 1996
[9] Dessart A., Jodogne J., et Paul, J., Chimie analytique, 10ème éd. A. de Boeck, Bruxelles, pp.164-165. 1973
[10] CHAVANNE : Etude sur la Composition chimique de la matière grasse, 3ème éd., Paris, p.22. 1991
[11] Pierre Kamour : Etude sur la composition des lipides ,3eme éd. Paris 250 p. 1987.

[12] Franck. J. Webicker, 1963: Standard Methods of Chemical analysis, vol.2, 6ème éd. Litton, pp.1645-1646.
[13] Piccioni M., 1965 : Adaptation française J. Hardouin Dictionnaire des aliments pour les animaux, Paris, éd. Agricole, p.819.
[14] G.R. De Foliart: An overview of the role of edible insects in preserving biodiversity, ecol. Food.Nutri., pp.36-109. 1997
[15] Wu Leung W.T., Busson F., Jardin C., Table de la composition des Aliments à l'usage de l'Afrique. FAO-Rome et Department of Health, Education and Wefare, Bethester, Manyland, p.175. 1986
[16] Ashim, 1988 : in Jacques Hardouin, Guy Mahoux,: Zootechnie d'insectes, élevage et utilization au benefice de l'homme et de certains animaux, p.164. 2003
[17] Malaisse F : Human consomption of Lapidoptera, Termites arthoptera and Ants in Afri in M. Malaisse F., 2004: Ressources alimentaires non conventionnelles, Tropicultura, SPR, pp.30-38. 2003
[18] WWW.krepolcuisine.Com/valeurs nutritives.asp,le 15/7/016
[19] progr./prem_L/docs/alim_av/TP oligoéléments, le 8/7/016
[20] Romain H. Raemaekers, Agriculture en Afrique tropicale, DGI, Bruxelles, pp.503-511. 2001
[21] Barabosa, Physico-chemical and Macrobiological charateristics of Soat milk in Portugal BF, p.89. 1986
[22] FAO : Les Graisses et Huiles dans la nutrition humaine, Rapport d'une Consultation mixte d'experts, Rome, p.26. 1983.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1523-1536
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Incidence de la pollution des eaux du lac Kivu sur sa biodiversité : Cas du tronçon Place de l'Indépendance - Kazingo à Bukavu

M.J. KITOGA[1] and M.D. WAFULA[2]

[1]Institut Supérieur Technique d'Etude en Gestion et Informatique (ISTEGI/Bukavu), RD Congo

[2]Département de Géophysique CRSN, Lwiro, D.S. Bukavu, RD Congo

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

ABSTRACT: This work on the impact of pollution of Lake Kivu waters on its biodiversity by considering the section of the Independence Square - Kazingo Bukavu led us to make a finding on the decrease in the quantity and quality of fish, as a consequence direct pollution of Lake waters with negative impact on its biodiversity. This pollution of Lake Kivu by streams and rivers results from industry and household waste. Industrial waste is channeled there and households use streams and rivers as a dump. The waters of the Kawa River that cross the entire Greater Kadutu Commune from the West to the East are highly polluted and are of no use without serious treatment beforehand. The most polluted points are downstream of industrial wastewater discharges and all along rivers and streams where all forms of spilled waste end up in Lake Kivu. This water pollution causes olfactory nuisance on a large part of the population who complains of water-related diseases such as typhoid fever, cholera, etc. People settled in the bed of rivers and streams are well aware of floods by the waters that return to their natural bed in the rainy season. These floods are indeed true sources of contaminations because of their high level of pollution. The creation of an Integrated Watershed Management Committee and the construction of a waste treatment plant bringing together all the watershed stakeholders around a table for information and awareness raising for change in behavior, could reduce the flow of waste dumped in Lake Kivu.

KEYWORDS: Pollution, incidence, biodiversity, waters, lake Kivu.

RÉSUMÉ: Ce travail sur l'incidence de la pollution des eaux du Lac Kivu sur sa biodiversité en considérant le tronçon place de l'Indépendance – Kazingo à Bukavu nous a amené à faire un constat sur la diminution de la quantité et qualité des poissons, comme conséquence directe de la pollution des eaux du Lac avec impact négatif sur sa biodiversité. Cette pollution du Lac Kivu par les cours d'eau et les rivières résulte des industries et des rejets ménagers. Les déchets industriels y sont canalisés et les ménages utilisent les cours d'eau et rivières comme leur dépotoir. Les eaux de la rivière Kawa qui traversent toute la Grande Commune de Kadutu de l'Ouest vers l'Est sont fortement polluées et ne sont d'aucune utilité sans un traitement sérieux au préalable. Les points les plus pollués se situent en aval des rejets des eaux usées industrielles et tout le long des cours d'eau et rivière où toutes formes des déchets déversés finissent dans le Lac Kivu. Cette pollution des eaux cause des nuisances olfactives sur une bonne partie de la population qui se plaigne des maladies liées à l'eau notamment la fièvre typhoïde, le choléra, etc. Les populations installées dans le lit des cours d'eau et rivières connaissent bien des inondations par les eaux qui retrouvent leur lit naturel en saison des pluies. Ces inondations sont bel et bien des véritables sources des contaminations à cause de leur niveau élevé de pollution. La mise sur pied d'un Comité de Gestion Intégrée du bassin versant et la construction d'une usine de traitement des déchets mettant ensemble tous les acteurs du bassin versant autour d'une table en vue de l'information et de la sensibilisation pour le changement de comportement, pourrait réduire le flux de déchets déversés dans le Lac Kivu.

MOTS-CLEFS: Pollution, incidence, biodiversité, eaux, lac Kivu.

Corresponding Author: M.D. WAFULA

1 PROBLEMATIQUE

Pour un environnement propice à l'apparition de la vie, l'eau est un élément majeur de la biosphère. Les premières formes de vie se sont manifestées dans des étendues d'eau qui recouvraient la terre primitive, il y a près de quatre milliards d'années. Si elle se trouve partout, elle est pourtant utilisable uniquement sous la forme d'eau douce par les êtres humains (Rodier, 1996). En effet, l'eau qui recouvre les trois quarts de la surface de la planète est essentiellement l'eau de mer (97,3%). Les réserves d'eau douce (2,7%) ne représentent que 38.304 x 10^3 km^3.

La pollution des eaux au Sud-Kivu est très difficile à cerner du fait de l'absence de données exhaustives. La ville de Bukavu est aussi concernée par cette question très épineuse, car elle se situe sur les hautes terres de l'Est et précisément sur la Branche Occidentale du Système des Rifts Est-Africains. Cette région est l'une des plus peuplées de l'Afrique centrale ; ce qui fait que le problème d'occupation d'espace géographique se fait sentir. La croissance démographique affecte aussi la biodiversité notamment le coupe d'arbre, la destruction des certaines plantes susceptible de protéger la nature contre l'érosion (Kasereka, 2003)

Par ailleurs, la pollution des eaux par des substances toxiques ou par des quantités excessives des matières minérale ou organiques devient un problème croissant sur la biodiversité du lac Kivu et qu'on ne peut négliger surtout lorsqu'on pense à la qualité de l'eau du Lac Kivu ainsi qu'aux activités des tous les ports érigés le long du littoral du Lac Kivu qui parfois privilégient le rendement maximum au détriment de la santé écologique de l'eau et de l'environnement.

Notons aussi que la concentration des infrastructures économiques sur l'axe entre la Place de l'Indépendance au deux potos Kazingo favorise la prolifération des polluants. L'usage par l'homme ou par les industries en places des biodégradables et non biodégradables, métalliques ou plastiques en provenance de quatre communes sont centralisés et jetés directement ou indirectement au bord et dans le lac Kivu. Tout cela occasionne la présence des ordures, des déchets et des immondices qui polluent le milieu aquatique et le littoral du Lac en provoquant le problème d'insalubrité et la détérioration de la santé environnementale.

Outre cette forte fréquentation, les constructions anarchiques se font sentir suite à la croissance démographique de la population. Au-delà des effets spectaculaires tels que le bouleversement des paysages par les glissements des terrains, l'érosion a des effets négatifs plus directs car la pluviosité occupe une place non négligeable dans la destruction, la pollution et l'appauvrissement de la biodiversité. A Bukavu le niveau de pluviosité est de 1457,3 mm (Bultot, 1959), ce qui prouve qu'elles sont élevées en milieu tropical. Les pluies ont un impact direct sur le sol, surtout celui terrassé, labouré, mal protégé et surcroit en pente forte.

La pluviosité qui, par le canal de l'érosion apporte avec elle des matériaux lourds (pierres), sols arables, déchets ménagers, et industriels, des matériels toxiques polluants dans le Lac Kivu par le canal des différents cours d'eaux, sources d'eaux et rivières qui augmentent leur débit pendant la période pluvieuse. C'est le cas par exemple de la rivière Kawa qui déverse directement ses eaux dans le Lac Kivu pendant la pluie en détruisant le biotope, la faune et la flore du Lac Kivu. En effet, les eaux doivent être favorables au développement d'un grand nombre d'espèces microscopiques ou macroscopiques qui constituent le phytoplancton et le zooplancton.

L'ensemble de toutes ces informations constitue des indices d'une pollution généralisée certaine, dont l'évolution dans le temps est difficile à établir. Il faudrait donc la maîtriser avant qu'il ne soit trop tard.

L'objectif principal de ce travail est donc de caractériser les eaux des rivières ou cours d'eau qui se déversent dans le lac Kivu, enfin d'évaluer l'impact de la pollution de ses eaux sur la biodiversité de ce Lac, tout en proposant un cadre institutionnel de gestion intégrée des ressources en eau de son bassin versant.

2 MATERIELS ET METHODES

Nous allons procéder :

- Aux observations directes **:** permettront de faire l'état des lieux du littorale et d'arriver à identifier les problèmes qui s'y posent (pollution, déchets, construction anarchique, déboisement…).
- Les entretiens et interviews: seront d'une grande importance dans ce travail sur tout pour la collecte des informations en rapport avec le littorale auprès des différents responsables des services étatiques (services d'environnement, hygiène et assainissement, mairie), et non étatiques comme la population du littorale et d'autres associations et en fin, aux près d'autres acteurs sociaux exerçant leurs activités au sein du littorale du Lac Kivu.

- Analyse documentaire : par souci d'avoir des précisions sur certains travaux y effectués par les services étatiques et d'autres plus amples renseignements, à exploiter des documents y afférents.

3 POPULATION

La population de la Ville de Bukavu (Figure 1), en 2014 par communes est reprise dans le tableau (1).

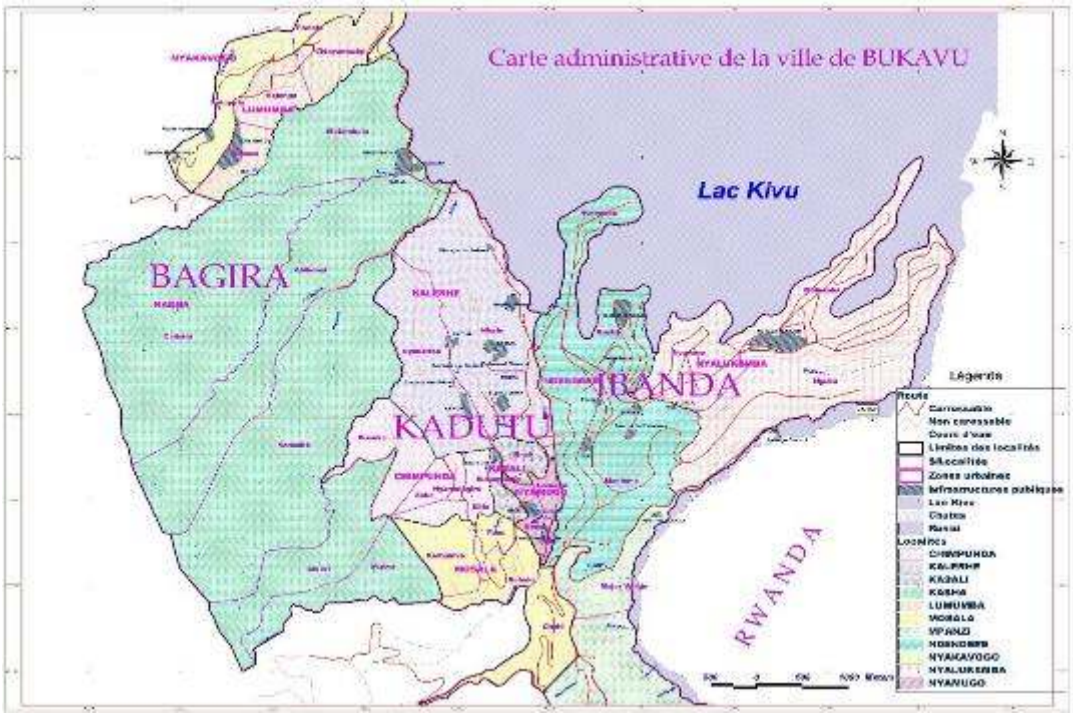


Fig. 1. Carte administrative de la ville de Bukavu.

Tableau 1. Effectif de la population de la ville de Bukavu 2013-2014.

COMMUNES	HOMMES	FEMMES	GARÇONS	FILLES	TOTAL
IBANDA	52.385	58.578	69.130	81.130	261.223
KADUTU	63.192	63.963	82.313	84.881	294.349
BAGIRA	37.959	42.536	57.357	65.759	203.611
TOTAL	153.536	165.077	208.800	231.770	759.183

Source : Mairie de Bukavu, rapport annuel 2013.

A partir de ce tableau (1) qui nous fait les statistiques de la population de Bukavu, nous remarquons et constatons que la commune de Kadutu est plus peuplée que ces deux autres communes et de ce fait, elle comporte un nombre des quartiers élevés par rapport autres communes.

Ce tableau nous montre aussi que dans chaque commune, la population féminine est plus élevée par rapport à celle masculine. La population Bukavienne est jeune du fait que les statistiques des jeunes garçons et filles sont élevées par rapport à celles des hommes et femmes adultes.

4 ASPECTS ECOLOGIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

4.1 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT PAR LA POPULATION ET L'ETAT

Nous constatons que l'Etat Congolais ne fournit aucun effort pour actualiser les lois sur l'exploitation halieutique, étant donné que beaucoup d'entre elles, ne sont plus adaptées à la situation actuelle. Elles datent de l'époque coloniale (1937). Disons en plus que les exploitants du Lac Kivu eux-mêmes ignorent complètement l'existence de la réglementation et se comportent parfois comme étant en terre conquise.

L'ordonnance loi N°040/70/CAB-MIN/ECNT/1970 relative à l'aménagement et infrastructure au bord des cours d'eaux en République du Zaïre (Récemment République Démocratique du Congo) ; prévoyait une zone tampon de 10 m entre la maison et la rivière ou lac devrait être observée afin de protéger ces derniers (Division de l'environnement de nature et tourisme, 2005).

Aujourd'hui, les services de l'environnement se contentent de faire seulement payer les taxes en dépit de cette situation ignoble contre l'environnement, ainsi on ne peut observer qu'une faible implication de l'Etat dans la protection des biodiversités du Lac Kivu.

4.2 CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DU LAC KIVU

La composition ionique des eaux du Lac Kivu, comme appartenant au Système des Rifts Est-Africains est assez homogène, elle est probablement liée à la formation de ce fossé tectonique actif.

Kilham et Hecky (1956) classe ces eaux dans la catégorie des eaux de « sodium, potassium, bicarbonate ». Leur teneur élevée en ion potassium et magnésium les distinguent des autres eaux de lacs africains. Nous pouvons constater que la concentration des ions calcium est faible par rapport aux autres cations.

Degens (1956), précise que la stratification stable et permanente observée au Lac Kivu est principalement liée à trois facteurs. La température des eaux du Lac Kivu varie très peu au cours de l'année, elle oscille entre 23,1°C à 24,5°C. La température décroit de la surface jusqu'à 15 m et puis se lève à nouveau dans l'hypolimnion pour atteindre 25°C à plus de 75 m.

Diverses études ont mis en évidence des différences décomposition chimique des eaux entre la zone littorale et le milieu pélagique, d'où l'estimation des pigments chlorophylliens qui confirment donc bien les différences de biomasse phytoplanctonique entre stations côtières et pélagiques du Lac Kivu qui sont belle et bien visibles par la population riveraine (Figure 2).

Fig. 2. Couleur des eaux du Lac Kivu affectée par la pollution.

4.3 BIODIVERSITÉ DU LAC KIVU

La faune ichtyologique du Lac Kivu est relativement pauvre si nous la comparons avec d'autres lacs. Elle compte vingt-six espèces identifiées dont, une espèce de silures (Claridae), cinq Cyprinidae et dix-huit Cichlidae dont trois Tilapia et quinze Haplochromis endémiques (Division de l'environnement pêche et chasse de Bukavu) (Tableau 2).

Tableau 2. Ichtyofaune ou la faune Ichtyologique du lac Kivu.

FAMILLE	ESPECES	ANNEE DE DECOUVERTE
1 CLUPEIDAE	- LimnothrissaMiodon	1906
2 CYPRINIDAE	- Barbus Kerstenii - Raima Moorei - Barbus Altianalis - Barbus Apleurogramma - Barbus Pellegrini	1968 1900
3 CLARIDAE	- Clarias Liocephalus - Clarias Gariepinus	1898
4 CICHLIDAE	- OreochromisNiloticus - Tilapia Rendalli - HaplochromisVitlatus - OreochromisMacrochir - HaplochromisAdolphifrederiei - HaplochromisGracidior - HaplochromisGraueri - HypochromiesAstatodon - HypochromiesPaucidens - HypochromiesNégroïdes - HypochromiesKamiranzovu - HypochromiesScheffersi - HypochromiesOccultidens - HaplochromiesOlivaceus - Hypochromies Crebriden - HypochromiesMicrochrysomelas - HypochromiesInsidae - HypochromiesRubescens	

Source : Division provinciale de l'environnementpêche et chasse du Sud-Kivu.

4.4 LES DÉCHETS ET LES POLLUANTS INVENTORIÉS SUR L'AXE PLACE DE L'INDÉPENDANCE – KAZINGO

Parmi les déchets et polluants inventoriés le long de ce littoral on peut toutefois citer : Les Epluchure des maïs, Matières fécales, Eaux usées, Epluchures de manioc, Sachets, Oxydes de fer, Egouts, les Os des animaux, les fers, les bouses des vaches, les rouilles, Epluchures des bananes, le verre, les déchets plastiques, les restes de végétaux, les métaux, les immondices, Epluchures d'arachides, les eaux usées, les piles, les eaux des égouts, les matières fécales, les dépotoirs sauvages, les eaux colorées, les ordures, les cours d'eaux pollués, les déchets toxiques, les métaux, les excrétas, les huiles provenant des garages, les déchets provenant des usines, etc.

Le Niveau et fréquence de pollution confrontée par rapport aux sources de pollution dans différents points de repère sur le littoral du lac Kivu est représenté dans le Tableau (3).

Tableau 3. ***Niveau et fréquence de pollution confronté par rapport aux sources de pollution dans différents points de repère sur le littoral du lac Kivu.***

Causes ou conséquences	Polluants	Fréquences	Nombre des repères
Surpopulation	Déchets plastics	5	4
Remplissage du lac	Cours d'eaux et rivières	25	12
Pollution de l'aire	Déchets toxiques	3	2
Ordures	Déchets solides, liquide et ménagers	18	16
Métaux	Fer, rouille, oxyde de fer	6	1
Egouts	Eaux usées	9	4
Eaux colorées	Matières fécales	7	3
Déboisement	Reste des végétaux	4	12
Eboulement et glissement	Les roches et la terre	7	11
Construction anarchique	Excrétas	2	8
Erosion	Matières biodégradables et non dégradables	8	14
Pollution industrielle	Huile des industries	4	1
Pollution acoustique	Bruits des moteurs et Eglises	2	2

Source : Nos investigations sur terrain.

Le tableau (3) montre combien de fois les polluants se retrouvent dans les différents repères qui sont des sites développés sur le littoral du Lac Kivu. En regardant bien ces résultats, on observe que ce sont les déchets solides, liquides et ménagers qui se retrouvent beaucoup plus dans 16 sites sur les 18 repères dans notre axe de recherche, suivi des matières biodégradables et non dégradables qui se retrouvent dans 14 sites. Le déboisement et remplissage du Lac prennent eux-mêmes 12 sites, les éboulements et glissement des terres prennent 11 sites, la construction anarchique prend 8 sites, la surpopulation et les égouts prennent aussi 4 sites chacun, les matières fécales comme polluants prennent 3 sites, la pollution acoustique et la pollution de l'aire prennent 2 sites chacun, les métaux et huile des industries prennent aussi 1 sites sur l'axe.

Ces résultats sont bien visualisés sur le diagramme de ***Cambert*** avant d'être bien interpréter sur la fiche d'enquête.

La présentation des causes et facteurs de pollution sur le diagramme de Cambert dans le cas du Lac Kivu est donnée dans la figure (3).

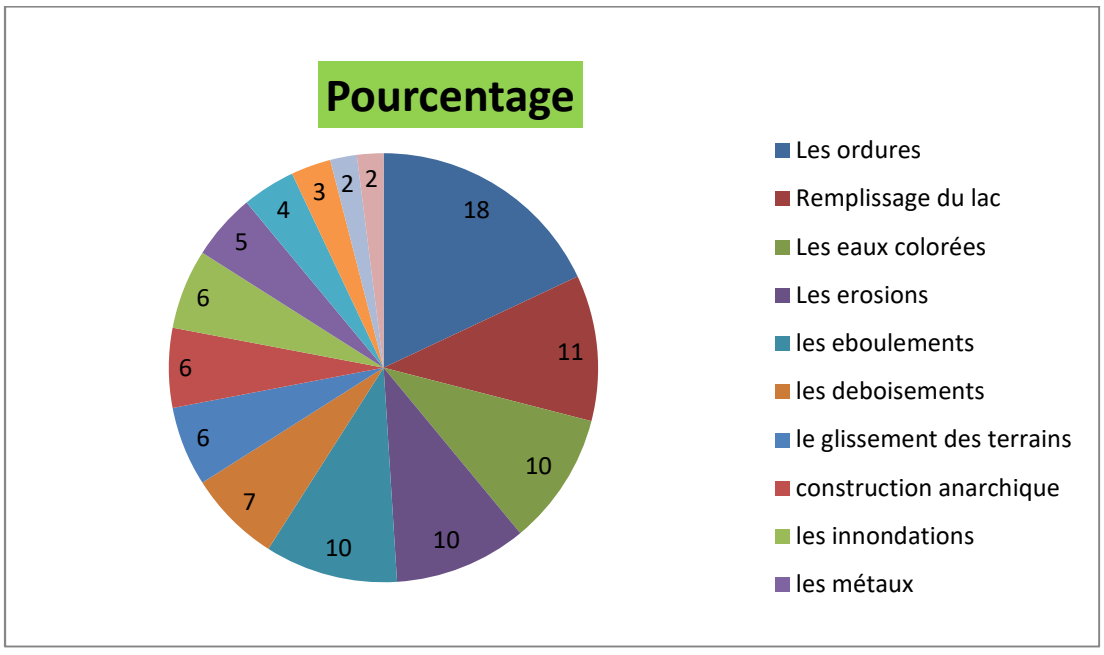


Fig. 3. Le diagramme de Cambert dans le cas du Lac Kivu.

Dans ce diagramme les couleurs qui se ressemblent sont celles qui sont en interaction dans leur pouvoir de pollution du Lac Kivu et l'environnement ; il s'agit de glissement des terrains et les ordures, puis remplissage du Lac et construction anarchique, les eaux colorées et les inondations, les érosions et les métaux, les éboulements et les égouts, et en fin les déboisements et la surpopulation.

Le diagramme de Cambert (Figure 3) présente les facteurs (sources) et les causes de pollution équivalant à 100% de pollution développé sur les 18 sites tel que le niveau et fréquence de la pollution le présente dans le tableau (3). Ici, il s'agit de montrer que les ordures occupent le point le plus élevé de ce diagramme de ce graphique soit 18%, le remplissage du Lac qui occupe la deuxième place avec 11% suivi des eaux colorées, les érosions, les éboulements qui occupent tous 10%, puis le déboisement avec 7% , en 5ème place nous avons le glissement de terrain, la construction anarchique et inondations qui ont tous 6% suivi des métaux avec 5%, et les égouts prennent la 7ème place avec 4% et la surpopulation, la pollution acoustique, industrielle et de l'aire qui ont respectivement 3% et 2% de pollution.

5 PRESENTATION, ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS D'ENQUETES

5.1 PRÉSENTATION DE L'ÉCHANTILLON ET ANALYSE ET DISCUSSION DES RÉSULTATS

La détermination de l'échantillon finale c'est-à-dire de la liste des personnes qui ont été interrogées est le point d'aboutissement d'une série d'opération indispensable et précieuse.

Ainsi, notre échantillon était variable d'une maison à l'autre et d'un service à l'autre, car l'interview s'est étendue sur toutes les catégories capables de répondre à nos préoccupations.

Comme il nous a été impossible d'atteindre toutes les personnes des catégories retenues, nous avons tiré un échantillon qui nous a semblé plus fiable qui est de 150 personnes.

Nous avons essayé d'enquêter sur la gestion des déchets et ordures ménagers sur notre axe de recherche et les résultats obtenus sont repris dans le tableau (4).

Tableau 4. Gestion des déchets et ordures ménagers sur le littoral du Lac Kivu.

LIEUX	EFFECTIF	%
Dans la poubelle	0	0
Dans le cours d'eaux	15	10
Dans le lac Kivu	105	70
Sur la route	30	20
Autres à préciser	0	0
TOTAL	150	100

Pour ce qui est de la pollution par les déchets et ordures ménagères, en général 70% des ménages déversent directement leurs ordures et déchets exclusivement dans le Lac Kivu, et 20% expliquent cet état des choses par le manque de poubelles jettent leurs déchets sur la route. Etant donné qu'il n' y a pas des services qui s'occupent de la collecte des ordures ménagères, 10% de nos enquêtés disent qu'ils les jettent directement dans les sources et cours d'eaux qui les déversent aussi dans le Lac Kivu. Cependant nous constatons le manque de responsabilité des autorités qui ont en charge le service d'hygiène et assainissement qui ne place pas les poubelles publiques dans la ville de Bukavu pour une meilleure gestion des déchets et ordures de provenance des ménages (Tableau 5).

Tableau 5. Nombre de poubelles publiques qui existe sur le littoral du lac Kivu.

Nombre des poubelles publiques	EFECTIF	%
Une	5	4
Deux	1	0 ,5
Trois	1	0,5
Plusieurs	0	0
Pas même une	140	93
Autres	3	2
TOTAL	150	100

Nous constatons ici pratiquement une inexistence des poubelles selon les déclarations de 93% de la population et de nos enquêtés. Les poubelles non publiques, mais ménagères sont implantées à certains endroits dans le lit de la rivière Kawa et Wesha avec des conséquences immédiates, le rétrécissement du lit des cours d'eau, des rivières et surtout la pollution directe du Lac Kivu. Il y ici l'enrichissement en matières organiques de l'eau et la présence d'une quantité importante de matières non biodégradables qui influent sur l'esthétique du lac Kivu et ceux des cours d'eau. C'est pour quoi, 93% de nos enquêtés confirment qu'il n'y a aucune poubelle publique le long du littoral et voir même dans toute la ville de Bukavu.

Là où elles existent, elles sont plus que sauvages c'est-à-dire non installées par le pouvoir publique (Figure 4).

Fig. 4. Décharges sauvage dans la ville de Bukavu.

Nous avons mené des enquêtes pour avoir une idée sur la position de la population sur l'existence du service d'hygiène et assainissement et son rôle dans la ville de Bukavu. Les résultats obtenus sont confinés dans le tableau (6).

Tableau 6. Existence du service d'hygiène et assainissement et son rôle dans la ville de Bukavu.

Avis	**Effectif**	**%**
Existe	89	59
N'existe pas	48	32
Autres	13	9
TOTAL	150	100

Le tableau (6) montre que les services d'hygiène et assainissement existent dans la ville de Bukavu, mais ne jouent aucun rôle sur le terrain suite au manque de financement et moyens de travail de la part du Gouvernement en place, cela est prouvé par 59% de nos enquêtés et 32% de ces deniers pense que ces services n'existent pas parce qu'on ne le voit pas en activité sur terrain. Les autres enquêtés se sont réservés non seulement parce qu'ils sont agents de l'Etat, mais aussi qu'ils ne savent pas de quoi s'agit-il dans notre enquête. En réalité, nous pouvons dire que les services d'hygiène et assainissement existent dans la ville de Bukavu, mais ils ne sont pas opérationnels, comme partout ailleurs dans le pays.

D'après nos enquêtes les grandes sources de pollution des eaux du Lac Kivu selon la population enquêtée sont reprises dans le tableau (7).

Tableau 7. Les grandes sources de pollution des eaux du Lac Kivu.

Grandes sources de pollution	**EFFECTIF**	**%**
Les ménages	58	39
Les marchés	25	17
Les industries	9	6
Les rivières	56	37
Autres	2	1
TOTAL	150	100

Le résultat de ce tableau (7) prouve que la plus grande source de pollution du littoral du lac Kivu est les ménages qui occupe 39% suivi des différentes rivières 37% placées sur le littoral qui déversent leurs eaux directement ou indirectement dans le lac Kivu chargées des déchets divers et matières non biodégradables qu'elles emportent. La troisième grande source de pollution est les différents marchés 17% qui sont placés le long du Lac et qui ne cessent de produire plusieurs déchets, et les industries 6% avec leurs déchets chimiques, biologiques, pharmaceutique, industriels… qui sont indirectement orientés dans le Lac Kivu avec plusieurs dangers, menaces sur la biodiversité de l'écosystème. Nous pouvons confirmer ici que les ménages sont une grande source de la pollution des eaux du lac Kivu car ces derniers y jettent toute sorte des déchets sans aucun traitement préalable à notre connaissance.

Les causes de la pollution des eaux du lac Kivu sont multiples comme l'indique le tableau (8).

Tableau 8. Les causes de la pollution des eaux du lac Kivu.

Causes de la pollution	**EFFECTIF**	**%**
Cause naturelle	23	16
Cause entropique	57	38
Cause géomorphologique	27	18
Occupation du littoral par les ménages	41	27
Autres	2	1
TOTAL	150	100

Le plus grand nombre de nos enquêtés pensent que la cause de la pollution du littoral est vraiment entropique comme le confirment 38% des enquêtés, 27% pense que l'occupation du littoral par les ménages est la cause de cette pollution. Tandis que les18% et 16% de nos enquêtés confirment respectivement que les causes sont plutôt géomorphologiques et naturelles.

De nos enquêtes nous avons voulu comprendre les conséquences de pollution des eaux du Lac Kivu sur sa biodiversité (Tableau 9).

Tableau 9. Les conséquences de pollution des eaux du lac Kivu sur sa biodiversité.

Conséquences de la pollution	EFFECTIF	%
Pertes des espèces	32	21
Multiplication des poissons	8	5
Meilleure reproduction des poissons	4	3
Insuffisance des poissons	23	15
Perte des poissons	79	53
Autres	4	3
TOTAL	150	100

Le résultat dans le tableau (9) montre et précise l'incidence de la pollution sur la biodiversité du lac Kivu, en effet 53% de nos enquêtés confirment que la plus grande conséquence de cette pollution est la perte des poissons mais aussi la perte des espèces et voir même insuffisance des poissons dans cet écosystème lacustre.

Il s'est avéré nécessaire de connaitre les types de pollutions produites par les industries et entreprises (Tableau 10).

Tableau 10. Types de pollution que les industries, entreprises ou sociétés produisent.

Types de pollution	EFFECTIF	%
Pollution industrielle	18	12
Pollution biologique	76	51
Pollution acoustique	6	4
Pollution chimique	39	26
Pollution de l'aire	11	7
Autres	0	0
TOTAL	150	100

Le tableau (10) montre les types de pollution que ces industries sociétés et entreprises produisent sont purement biologique 51%, chimique 26%, industrielle 12%, pollution de l'aire 7% et celle acoustique 4%.

Il est nécessaire de comprendre sur la destination et la canalisation des eaux usées et celles d'égouts (Tableau 11).

Tableau 11. Canalisation des eaux usées ou les eaux d'égout

Canalisation	EFFECTIF	%
Dans les caniveaux	15	10
Dans la rivière	41	27
Dans le Lac Kivu	72	48
Sur la route	20	13
Autres	2	1
TOTAL	150	100

Les résultats obtenus ici sont comparables à ceux des toutes les enquêtes menées par des chercheurs qui ont confirmé que tous les ménages de la ville de Bukavu canalisent les eaux usées et celles des égouts soit dans les caniveaux, soit sur la voie publique et aussi bien dans les rivières.

Cependant, 48% de nos enquêtés sur le littoral confirment et disent que les eaux usées et celles des égouts ne sont pas canalisées ou traitées par les services d'hygiènes et assainissement de la ville mais ces dernières sont canalisées directement dans le Lac Kivu, 27% dans les rivières, 13% sur la voie publique et voir même dans les caniveaux où elles polluent ses eaux certes avec des répercussions ou des retombés négatives sur la biodiversité de cet écosystème.

Le diagramme de la figure (5), nous renseigne sur la position de l'état congolais sur la pollution des eaux du Lac Kivu.

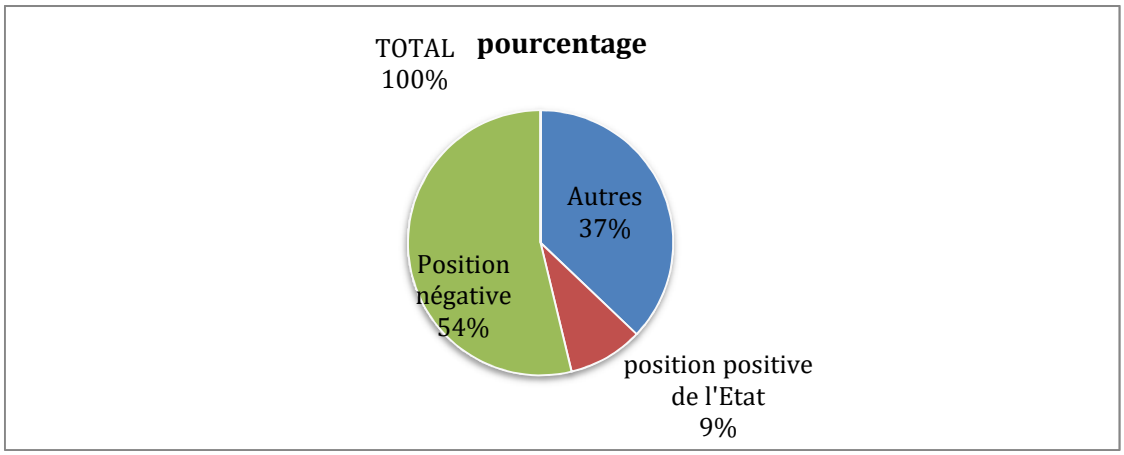


Fig. 5. La position de l'état Congolais sur la pollution des eaux du Lac Kivu.

De ce diagramme 54% d'enquêtés montrent que l'Etat Congolais n'a aucune position pour arrêter la pollution des eaux du Lac Kivu, il n'y a par conséquent aucune action n'est menée sur le terrain pour arrêter cette pollution. La population riveraine a déjà écrit plusieurs fois sur ce dossier, mais l'Etat ne dit pas un mot et 37% de nos enquêtés ont donnés des avis divergents que nous n'avons pas bien déterminé dans le dépouillement et 9% de nos enquêtés pense que l'Etat Congolais s'implique quand même à une certaine, car il inflige les amandes, mais aussi il sensibilise ses agents pour la protection de l'environnement et des eaux du Lac Kivu.

Nous ne pouvons passer sous-silence les risques qui pèsent sur la population riveraine du Lac Kivu. Les maladies liées à la consommation des eaux impropres selon nos enquêtes sont reprises dans le tableau (12).

Tableau 12. Les maladies liées à la consommation des eaux impropres.

Les maladies par tranche d'âge	**Nombre de ménages par tranche d'âge**		
	< 15 ans	**15ans<âges<50 ans**	**> 50 ans**
Choléra	0	2	0
Maux gastriques	12	11	1
Démangeaisons	10	5	0
Galle	2	8	0
Fièvre typhoïde	0	3	0
Amibiase	2	4	0
Verminose	12	0	0
Autres	0	0	0

En regardant très bien ce tableau, l'utilisation de l'eau d'origine douteuse et non-respect des règles d'hygiène par les ménages, entraînent une prévalence des maladies hydriques parmi les riverains. Les maladies mentionnées sont par ordre d'importance : le paludisme, les maux de ventre, les démangeaisons, la galle, la fièvre typhoïde, la dysenterie amibienne, les vers intestinaux le choléra. Les tranches d'âge les plus touchées sont celles comprises entre 0 et 15 ans et celle de 15 à 50 ans. Les populations du Quartier Nkafu et Ndendere consomment l'eau du lac Kivu et d'une source près de la rivière ; et les maladies gastriques sont prédominantes dans les ménages de ces quartiers. Les malades hydriques prédominent étant donné la carence à l'eau de REGIDESO, qui souvent fait défaut.

Le manque d'assainissement dans le milieu entraine bien la présence des souris, moustiques, des odeurs nauséabondes, pollution, déchets toxiques, etc.

Le tableau (13) montre bien que la réglementation sur l'exploitation du Lac Kivu existe, mais n'est pas en application car 45% de nos enquêtés l'ont exprimée, 34% pensent que cette réglementation n'existe pas vu qu'il n'y a rien de concret sur terrain de la part des autorités de la Division de l'Environnement voir même du Gouvernement en place et 21% des enquêtés ont préféré s'abstenir sur ce point.

Tableau 13. Existence d'une réglementation sur l'exploitation du lac Kivu.

Avis	EFFECTIF	%
Existe	67	45
N'existe	52	34
Autres	31	21
TOTAL	150	100

A notre connaissance, nous pouvons dire que les textes sur la réglementation de l'écosystème du Lac Kivu existent depuis l'époque coloniale mais aujourd'hui ils ne sont presque pas mis en application et c'est ce qui entraine aujourd'hui le désordre observé sur la gestion des eaux du lac Kivu.

Tableau 14. Synthèse des résultats.

Quest / Asser	A		B		C		D		E		TOTAL	
	S	%	S	%	S	%	S	%	S	%	S	%
1	4	6,4	6	9,6	2	3,2	12	9,6	38	3,2	62	100
2	6	9,6	40	70,9	4	9,6	4	54,8	4	0	58	100
3	2	3,2	6	6,4	8	12,9	10	9,6	36	32,2	62	100
4	6	19,3	34	6,4	6	16,1	4	6,4	12	58	62	100
5	2	61,2	0	6,4	20	58	36	19,3	4	6,4	62	100
6	4	6,4	6	9,6	2	3,2	12	9,6	38	3,2	62	100
7	6	9,6	44	70,9	4	9,6	2	54,8	4	0	60	100
8	2	3,2	6	6,4	8	12,9	10	9,6	36	32,2	62	100
9	6	19,3	34	6,4	6	16,1	4	6,4	12	58	62	100
10	2	61,2	0	6,4	20	58	36	19,3	4	6,4	62	100
11	4	6,4	10	9,6	2	3,2	12	9,6	38	3,2	72	100
12	6	9,6	44	70,9	4	9,6	4	54,8	4	0	62	100
13	2	3,2	6	6,4	8	12,9	10	9,6	36	32,2	62	100
14	6	19,3	34	6,4	6	16,1	4	6,4	12	58	62	100
15	2	61,2	0	6,4	12	58	36	19,3	4	6,4	54	100
16	6	19,3	34	6,4	6	16,1	4	6,4	12	58	62	100
17	2	3,2	6	6,4	8	12,9	10	9,6	36	32,2	62	100
18	4	6,4	6	9,6	2	3,2	12	9,6	38	3,2	62	100
19	5	9,6	34	70,9	4	9,6	4	54,8	4	0	51	100
20	6	19,3	34	6,4	6	16,1	4	6,4	12	58	62	100
21	5	19,3	34	6,4	16	16,1	4	6,4	12	58	71	100
22	2	3,2	6	6,4	8	12,9	10	9,6	36	32,2	62	100
23	6	9,6	24	70,9	4	9,6	4	54,8	4	0	42	100

Légende :

- S = scores
- % = pourcentage réalisé
- 1 à 23 = les questions
- Asser =Assertions
- Quest = Questions

6 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Ce travail sur l'incidence de la pollution des eaux du Lac Kivu sur sa biodiversité en considérant le tronçon place de l'Indépendance – Kazingo à Bukavu nous a amené à faire un constat sur la diminution de la quantité et qualité des poissons, comme conséquence directe de la pollution des eaux du Lac avec impact négatif sur sa biodiversité. La pollution du Lac Kivu par les cours d'eau, les rivières résulte des industries et des rejets ménagers. Les déchets industriels y sont canalisés et les ménages l'utilisent comme dépotoir aussi bien les eaux des rivières et cours d'eaux.

Les eaux de la rivière Kawa qui traversent toute la Grande Commune de Kadutu de l'Ouest vers l'Est sont fortement polluées et ne sont d'aucune utilité sans un traitement sérieux au préalable.

Les points les plus pollués se situent en aval des rejets des eaux usées industrielles et en amont toutes formes des déchets sont déversées dans le Lac Kivu.

L'étude des nuisances auprès des populations fait ressortir des nuisances olfactives, car une bonne partie de la population se plaigne des maladies liées à l'eau notamment la fièvre typhoïde, le choléra, etc.

Les populations installées dans le lit des cours d'eau et rivières connaissent bien des inondations par les eaux qui retrouvent leur lit naturel en saison des pluies. Ces inondations sont bel et bien des véritables sources des contaminations à cause de leur niveau élevé de pollution.

La mise sur pied d'un Comité de Gestion Intégrée du bassin versant et la construction d'une usine de traitement des déchets mettant ensemble tous les acteurs du bassin versant autour d'une table en vue de l'information et de la sensibilisation pour le changement de comportement, pourrait réduire le flux de déchets déversés dans le Lac Kivu, telles que, avancé dans notre hypothèse. Ce Comité aura un grand rôle à jouer dans l'assainissement de ce milieu d'étude pollué. L'institutionnalisation du principe de pollueur- payeur pour contribuer au financement du projet une fois toutes les structures de gestion et traitement des déchets seront mis en œuvre.

7 RECOMMANDATIONS

Nous recommandons que les mesures suivantes soient prises afin de réduire la pollution des eaux du Lac Kivu pour ainsi arrêter la perte de sa biodiversité et prévenir les risques encourus par la population. Chaque acteur pourra donc agir à son niveau :

1. **Réduction de la pollution industrielle qui consistera à :**

- Utiliser des méthodes appropriées de production en vue de réduire le flux des effluents rejetées ;
- Construire un système d'égout connectant les eaux usées industrielles et ménagères pour leur traitement dans une station d'épuration après prétraitement au sein de l'industrie ;
- Eduquer et informer les employeurs et les employés sur la manipulation des déchets ;
- Assurer la maintenance des installations de production et de traitement des eaux usées.

2. **Réduction des pollutions domestiques** consistera à:

- Construire des fosses septiques communes ;
- Sensibiliser les populations sur les dégâts causés par le rejet des ordures ménagères dans les cours d'eau, les rivières, les puits et différentes sources d'eaux ;
- Améliorer les infrastructures routières ;
- Traiter les boues de vidange dans une station de traitement et de valorisation des boues de vidanges.

3. **Réduction des maladies hydriques et inondations consistera à** :

- Mettre en place des bornes fontaines accessible à la population ;
- Equiper les puits existant en pompe manuelle ou électrique, pour une meilleure desserte en eau;
- Creuser des puits communautaires à au moins 30 m des latrines et en amont (Morgan, 1991) ;
- Déguerpir les populations résidant dans le lit du Lac Kivu ;
- Draguer le lit du Lac Kivu ;

4. **Gestion du bassin versant**

- Mettre en application les lois et réglementations existantes en matière de protection d'eau douce en vigueur au Sud Kivu ;
- Etablir des normes de rejet des effluents et des normes de qualité des eaux courantes.

REFERENCES

[1] Aka, E. L., 2002. Caractérisation de l'abiegue et évaluation des effets potentiels sur les populations riveraines de Nkolbikok à Nkolbisson (Yaoundé). Thèse de Master's of Science en gestion de l'eau, p142.

[2] Banton, O. et Baongoy L.M., 1997. Hydrogéologie : Multi sciences environnementale des eaux souterraines. Quebec (Canada) : PUQI AUPELF-UREF, P 73.

[3] Baok G., 2007. La pollution des eaux et rivières et impact sur les populations riveraines : cas de la rivière Mgoua dans la zone industrielle de Douala Bassa. Thèse de doctorat en environnement, p176.

[4] Beaux, J.F., 1997. L'environnement. Paris: Nathan. ORSTOM, P 191.éd. Dunod. P 239.

[5] Bernstein, J. D., 1991. Différentes approches de contrôle de la pollution et de gestion desdéchets:

[6] Bitundu M, 2008. Cours de gestion de l'environnement et des ressources naturelle, G3 ISDR (inédit).

[7] Bontoux, J. ,1993. Introduction à l'étude des eaux douces. Liège: CebedocSprd. p234.

[8] Dajoz, R, 1985. Précis d'écologie. Paris : ed. Dunod.p89

[9] Dejoux, C., 1988. La pollution des eaux continentales africaines : expériences acquises, situation actuelle et perspectives. Paris: ORSTOM, P 191.

[10] DEVROEY.E, 1989, installation sanitaire et épuration des eaux résiduaire au Congo, éd. Singer, p158.

[11] Dupont, A., 1981. Hydraulique urbaine, captage et traitement des eaux. Tome 1. 5e édition. Paris :

[12] Fonkou, T., 1996. Epuration par voie naturelle des eaux du campus de l'Université de Yaoundé GWP (Global Water Partneship). 2004. Integrated water resources management (IWRM) and water efficiency plans by 2005. Sweden: Global water Partnership, p523.

[13] Droy I., 1982, femme et développement, éd Karhala, p69.

[14] Kerspen, Y., 1998. Les réseaux d'assainissement. Ouagadougou (Burkina Faso) : Ecole Inter Etats des techniciens supérieurs de l'hydraulique et de l'équipement rural, p97.

[15] Kimengel. T, 2007. Notes sur le droit de l'environnement, G2 ISDR inédit, p62.

[16] Kitoga M, 2008 : Inventaire des déchets et des polluants du littoral de la rivière TFC ISDR, p 87.

[17] ONUDI : Contribution à la préparation du rapport final et régional au sommet de Rio+10. Cameroun : ONUDI, p96.

[18] Nyora J., 2006 : Cours d'initiation à la recherche scientifique, G1 ISDR (inédit), p67.

[19] Ramade, F., 1995. Eléments d'écologie : écologie appliquée. 5e édition. ·Paris : Ed.science international, p79.

[20] Rodier, J., 1996. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Paris: Dunod; 8e edition, p107.

[21] Wafula, M.D. 2014. Cours sur la protection de l'environnement et gestion des déchets, L1 ISTEGI (Inédit), p86.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1537-1543
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Modélisation et simulation d'un réseau d'interconnexion à fibre optique et ses applications

Henri KISOKI MBUNGA

Doctorant en Sciences Appliquées, Université Pédagogique Nationale, RD Congo

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

ABSTRACT: The modeling of an interconnecting network with optical fiber aimed to be represented by taking into account some phenomena (characters, forecasting, etc) with the help of mathematical equations or formula.
In general way, the simulation of the later enables us to create a virtual laboratory with the help of Matrix Laboratory Software (Matlab) with the possibility of doing the tests at cheaper cost for the benefit of considerable time in relationship with the implementation of macroscopic trial at laboratory.

KEYWORDS: Modeling, simulation, network, interconnection and optical fiber.

RESUME: La modélisation d'un réseau d'interconnexion à fibre optique avait pour but sa représentation en tenant compte de certains phénomènes (caractères, prédiction, …) à l'aide des équations ou formules mathématiques. D'une manière générale, la simulation de cet dernier nous a permis à créer un laboratoire virtuel à l'aide de logiciel ''Matrix laboratory''(Matlab) avec la possibilité de faire des tests à faible coût pour un gain de temps considérable par rapport à la réalisation des essais macroscopiques au laboratoire.

MOTS-CLEFS: Modélisation, Simulation, Réseau, interconnexion et fibre optique.

1 INTRODUCTION

Nous savons nous tous qu'à l'heure actuelle, l'homme cherche toujours à s'interconnecter à n'importe quel coin du monde à temps réel à l'aide d'un canal de transmission approprié.

Dans cet article, nous avons jugé utile à modéliser et à simuler un réseau d'interconnexion avec utilisation de la fibre optique comme un canal de transmission pour échanges des données à haut débit sans perte considérable. Cela, aura pour applications en Télémédecine, Télé-éducation, interconnexion des bibliothèques virtuelles et de recherche, interconnexion des services de la migration et de la police, etc. surtout dans les pays en voie du développement qui accusent un retard remarquable dans l'évolution technologique moderne.

2 METHODES ET MATERIELS

Pour rédiger cet article, la démarche méthodologique a consisté à la recherche des méthodes et techniques efficaces à la récolte et analyse de données qui nous ont aidées à donner un modèle mathématique d'un réseau d'interconnexion à fibre optique. Pour la phase expérimentale, les variables discrètes et continues nous ont servies à interpréter nos résultats à partir du logiciel Matrix Laboratory (Matlab). Nous avons aussi échangé avec les experts dans le domaine de réseau et de la liaison par la fibre optique en vue de consolider nos connaissances scientifiques sur la revue de la littérature.

3 RESEAU D'INTERCONNEXION A FIBRE OPTIQUE

3.1 INTERCONNEXION À TEMPS RÉEL

Dans un système de télécommunication, le fonctionnement correct dépend du temps où un résultat est produit avec exactitude à la réception afin d'éviter des effets psychologiques.

3.2 MÉTHODES D'ACCÈS DANS UN RÉSEAU D'INTERCONNEXION À FIBRE OPTIQUE

Pour accéder aux données à échanger, les méthodes suivantes sont utilisées, à savoir :

- Accès multiple à répartition fréquentielle (FDMA) ;
- Accès multiple à répartition temporelle (TDMA) ;
- Accès multiple à répartition par code (CDMA).

Ces méthodes ne seront pas détaillées dans notre article pour ne pas s'écarter de l'objectif majeur assigné. Que d'autres chercheurs s'y penchent.

3.3 ARCHITECTURE D'INTERCONNEXION PAR FIBRE OPTIQUE

L'architecture d'interconnexion par fibre optique dépend de la topologie utilisée. C'est ainsi, on de la topologie en bus comme nous montre la figure 1 ci-dessous.

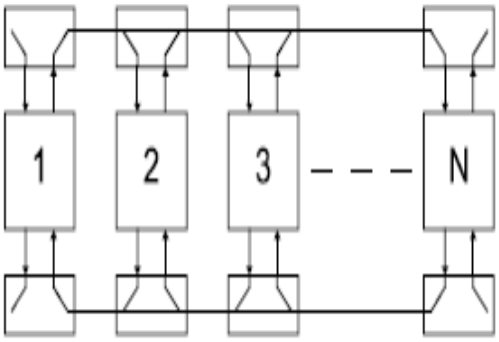


Fig. 1. Topologie en bus

La figure 2 nous illustre la topologie en étoile.

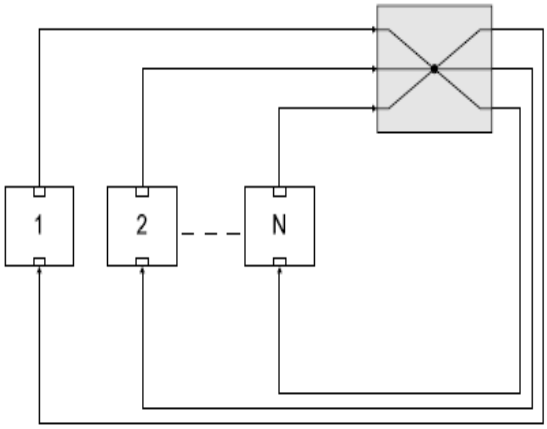


Fig. 2. Topologie en étoile

Enfin, la topologie anneau est indiquée par la figure 3 de la manière suivante :

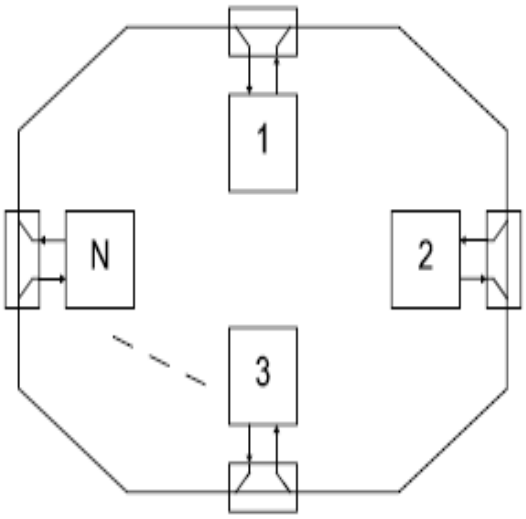


Fig. 3. Topologie en anneau

3.4 MODÉLISATION D'UN RÉSEAU D'INTERCONNEXION À FIBRE OPTIQUE

Pour modéliser notre réseau, nous devons d'abord savoir contrôler les flux d'informations de façon optimale dans le but d'éviter tout engorgement et à présenter aux clients (users, usagers) un service de bonne qualité sans reproche. Pour ce faire, nous aurons à utiliser les éléments naturels afin de gérer les paquets qui seront transités à travers les nœuds. Cela sera rendu possible grâce à l'algorithme de transmission (Tableau).

Tableau 1. Notations pour le modèle mathématique

NOTATIONS	SIGNIFICATIONS
K	Nombre des nœuds dans le réseau
I	Nombre des canaux (en fonction de λ dans le réseau)
S	Désignation des nœuds
O	Largeur de bande pour chaque nœud (canal)
P	Longueur d'onde du slot
A	Total des slots
U	Nombre de paquets correctement envoyé
μ	Durée d'informations dans un nœud

L'algorithme de transmission s'écrira comme nous montre la relation (1).

$V_{ij} = \big((i-1) mod\ K\big) + 1$ (1)

Pour $i = j$: $1 \leq i \leq (K-1)\ K$;

Pour $i \neq j$: $1 \leq j \leq\ K$

Ou V_{ij} indique l'information transmise du nœud i vers le nœud j.

La priorité du demandeur sera déterminée par la relation (2).

$X_{ij} = \big((i-1) div\ K + j\big) mod\ K) + 1$ (2)

Algorithme d'information (des paquets) à la réception est donné par la relation (3):

$$T = \begin{cases} -1 - j : faible\ priorité\ de\ réception \\ 0 : pas\ de\ réception\ dans\ le\ slot \\ 1 + j : priorité\ élévée\ de\ réception \\ 1 : moyenne\ réception \end{cases} \quad (3)$$

Comme chaque message provient du nœud S_i

$let\ S_i = -1 - j$: Information sur quelle queue le sous message provient dans le slot ;

$if\ X_{ij} = 1$: Slot n'est pas de priorité élevée pour le demandeur ;

$if\ \sum_{n=1}^{\infty} X_n > 1$: Priorité élevée de réception de slot à travers le nœud ;

$if\ \sum_{n=1}^{\infty} X_n = 1$: Priorité élevée pour un seul destinateur de slot à travers le nœud ;

$if\ \sum_{n=1}^{\infty} X_n < 1$: Faible priorité de réception de slot.

Pour le slot de commande, nous avons la relation (4) :

$$y = \begin{cases} -1 - j : meilleur\ effort\ du\ noeud\ j\ \text{à}\ récevoir \\ -1 : meilleur\ effort\ de\ transmission \\ 0 : pas\ de\ transmission\ dans\ le\ slot \\ 1 : garantie\ de\ transmission \\ 1 + j : garantie\ de\ commande\ des\ paquets\ au\ j \end{cases} \quad (4)$$

Au cours de la transmission, on peut avoir le slot de réservation pour augmenter la largeur de la bande garantie. Le maximum de slots / unité de temps est donné par la relation (5).

$K(K-2) = I(I-2)$ (5)

Après toute transformation mathématique, la relation (5) s'écrira comme l'indique la relation (6) de la manière suivante :

$K^2 - I^2 - 2(K-I) = 0$ (6)

Slot de réservation :

Il est déterminé par la relation (7).

$1 \leq i \leq K$; et $K^2 - K + 1 \leq i \leq K^2$ (7)

Temps d'accès au nœud :

$\tau_{ij} = (K+1)\ K\ P + \mu$ (8)

Ou τ_{ij} implique le temps d'accès des données du nœud i vers le nœud j.

4 SIMULATION DE NOTRE RESEAU

4.1 DONNÉES À SIMULER

La simulation a été faite à partir des données ci-dessous :

- Durée d'informations dans un nœud ($\mu = \gamma$) ;
- Envoie des données entre le premier et le second nœud avec $\gamma = 1s$;
- Débit de trafic variant entre 100 à 400 Gbits/s ;
- Longueur du message définie selon le processus de Poisson.

4.2 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

La figure 4 nous montre le temps d'accès en fonction des nœuds. Cela, détermine aussi la performance du réseau d'interconnexion en temps réel.

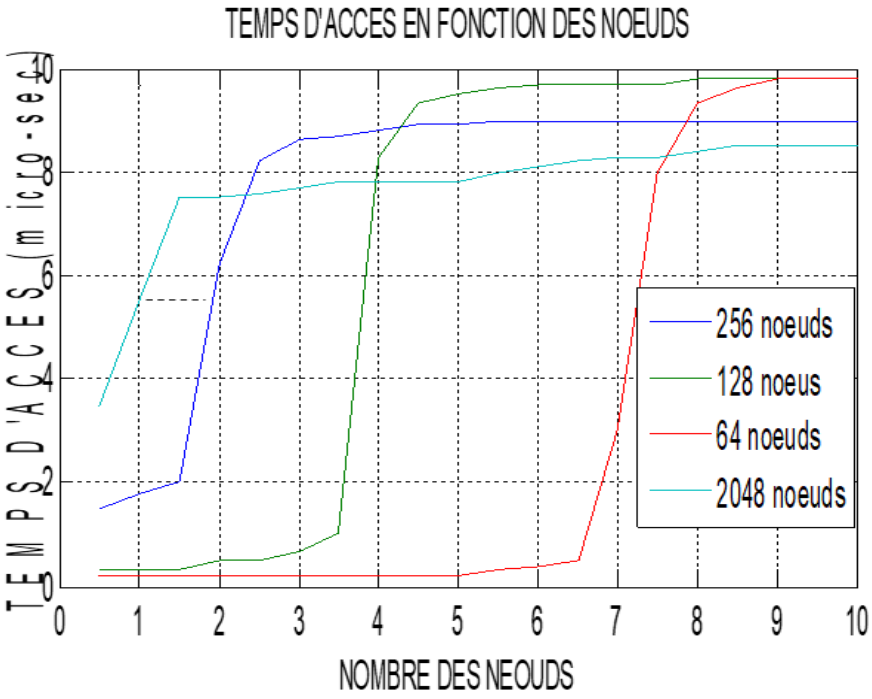


Fig. 4. Performance du réseau à temps réel

La figure 5 nous indique le pourcentage des lignes inoccupées en fonction de rapport des paquets générés.

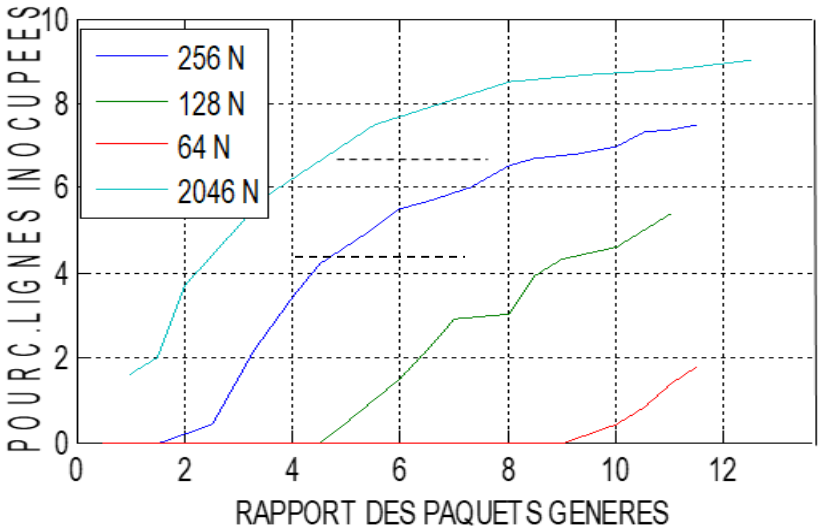


Fig. 5. Pourcentage des lignes inoccupées en fonction des paquets générés.

La figure 6 détermine le temps moyen d'accès en fonction des paquets générés.

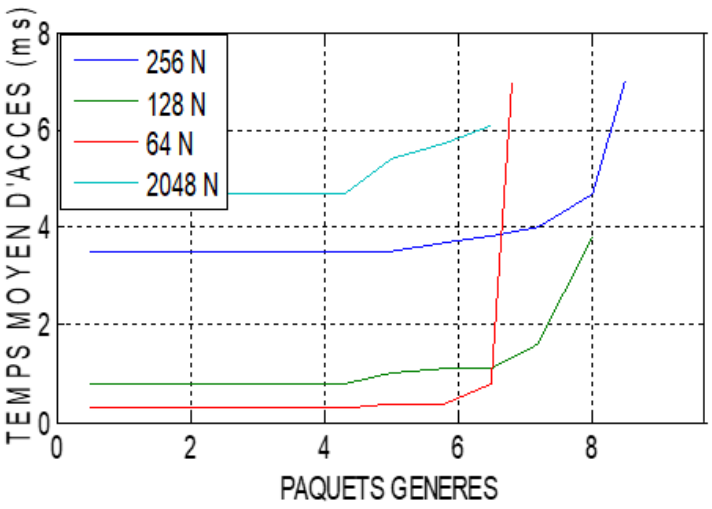


Fig. 6. Temps moyen d'accès en fonction des paquets générés

Nous constatons que le temps de transferts aux nœuds est très négligeable et le réseau d'interconnexion à fibre optique gère un volume important des données de l'ordre de plus de Tbits (figure 7).

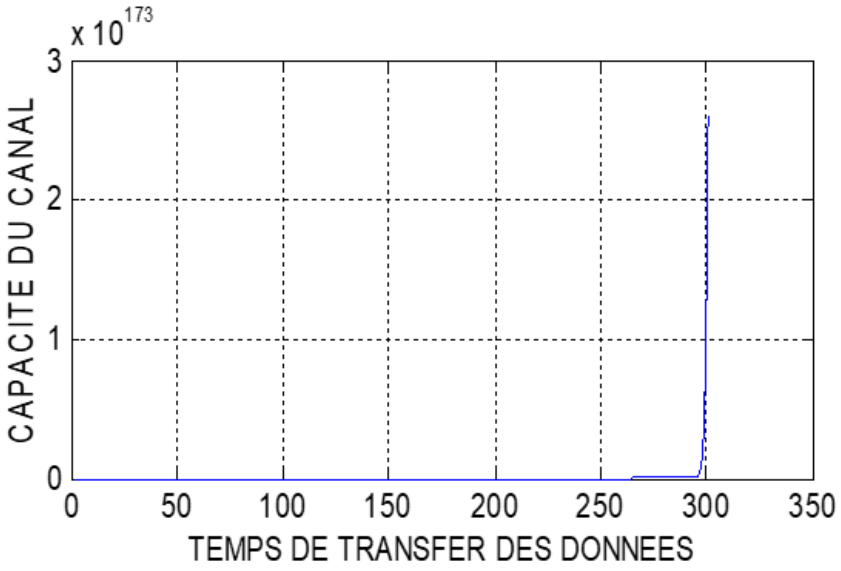


Fig. 7. Capacité du canal en fonction du temps de transfert des données

5 DISCUSSION

Le modèle de Magnus Jonsson dans sa thèse présenté 32 nœuds pour l'interconnexion dans un réseau. Dans notre étude, la discussion s'est focalisée autour de nombre de nœuds à interconnecter dans un réseau d'interconnexion à fibre optique. Nos résultats montrent qu'on peut aller au délàs de 2 048 nœuds, pourquoi pas une infinité de nœuds car nous sommes à l'heure de la mondialisation (cfr figure 4 ci-dessus).

6 CONCLUSION

Dans cet article, nous avons modélisé et simulé un système de transport des données par fibre optique à travers une infinité de nœuds en temps réel (par comparaison avec d'autres chercheurs) pour la longueur de bande allant de 1OO à 400 Gbits. Notre petite contribution nous a permis à s'interconnecter en n'importe quel coin du monde car c'est la mondialisation en ayant comme applications en télé médecine, télé éducation, interconnexion des bibliothèques virtuelles et de recherche,

interconnexion des services de la migration et de la police,… dans les pays en voie du développement qui souffrent d'un retard majeur dans l'évolution technologique moderne.

REMERCIEMENTS

Nous tenons en premier lieu de remercier le Dieu tout puissant pour le souffle de vie qu'il nous accorde sans effort. Nous remercions particulièrement les Professeurs Léonard KABEYA et Simon KIDIAMBOKO de l'Institut Supérieur de Techniques Appliquées (I.S.T.A) et le Professeur Joseph CIMBELA de l'Université Pédagogique Nationale (U.P.N) tous à Kinshasa pour leur encouragement et encadrement dans nos recherches scientifiques. Enfin, à tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la production de cet article, trouvent ici le sentiment de notre profond amour.

REFERENCES

[1] Abdallah Jarray,(2010), *Planification et dimensionnement des réseaux optiques de longues distances*, Thèse, Université de Montréal, Faculté des arts et des Sciences.
[2] Agarwal A., Bianchini R., Chaiken D., K. L. Johnson, D. Kranz, J.Kubiatowicz, B.-H. Lim, K. Mackenzie, and D. Yeung,(2010), *the Fiber interconnection*, nov.2011. Abdallah Jarray, *Planification et dimensionnement des réseaux optiques de longues distances*, Thèse, Université de Montréal, Faculté des arts et des Sciences.
[3] Agarwal A., Limits on interconnection network performance, IEEE Transactions on Paralled and Distributed Systems, vol.2, no. 4, Oct. 1991.
[4] Arnould A., Arnould, F. J., Bitz, E. C. Cooper, H. T. Kung, R. D. Sansom, and P. A. *Steenkiste, The design of Nectar: a network backplane for heterogeneous multicomputers*,(2009), *Proc; ASPLOS-III,* Boston, MA.
[5] ASTRH (Association pour la télémédecine en Rhône-Alpes),(2003),*Télésanté*, Revue, Paris.
[6] Barbé P. et Michel Ledoux,(2007), Probabilité, EDP Sciences.
[7] BATTUD,(1999),*Télécommunication : Principe, infrastructure et service*, Dunod, Paris.
[8] Bichler A., *Modélisation et simulation de la propagation optique dans une F.O multi mode précontrainte. Conception de capteurs à F.O à modulation d'intensité dédiés à la mesure de températures et d'étirements,* Thèse, Ecole Doctorale Mathématique, Sciences de l'information et de l'Ingénieur, Septembre 2011
[9] François de COULON,(1984), *théorie et traitement des signaux*, Dunod..
[10] Gagliardi M., Karp R. and Karp S., *Optical Communications*, John Wiley & Sons, Inc., 1995, ISBN 0-471-54287-3.
[11] Geniet A., *ordonnancement temps réel,*(2003), proc. Ecole d'été Temps réel, Toulouse.
[12] Hwang, Briggs K. and Briggs F., *Computer Architecture and Parallel Processing*, McGraw-Hill, Inc., 1985, ISBN 0-07-031556-6.
[13] Kazovsky L. G., Fong T., and Hofmeister T., *Optical local area network technologies*, IEEE Communications Magazine, vol. 32, no. 12, Dec. 2013.
[14] Keiser G., *Optical Fiber Communications*, McGraw-Hill, Inc., 1991, ISBN 0-07-100785-7.
[15] Magnus Jonsson, High Performance Fiber optic interconnexion Networks for Real time computers systems, Thèse, University of Technology , 1999 ,Sweden.
[16] Raghavendra C.and Varma A., *Interconnection Networks for Multiprocessors and Multicomputers : Theory and Pracrice*, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, USA, 1994, ISBN 0-8186-4972-2.
[17] Rocth T., *Time division multiplexing: systems and networks*, *IEEE Communications Magazine*, no. 12, Dec. 1994.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1544-1553
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Temporal Analysis of Road Accidents by ARIMA Model : Case of Tunisia

Aymen GHÉDIRA[1-2], Karim KAMMOUN[3], and Chaker BEN SAAD[1]

[1]University of Sousse, Higher Institute of Transport and Logistics, Tunisia

[2]University of Tunis, School of Economics and Commerce, DEFI Laboratory, Tunisia

[3]University of Sfax, the Higher Institute of Industrial Management of Sfax, Tunisia

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

ABSTRACT: Tunisian policy for road safety is neither clear nor reliable. Each road organism acts on own its side without any coordination with other stakeholders and therefore without achieving results. This paper aims to facilitate the decision-making process on road safety in Tunisia through the time series analysis of road accidents. The analysis work will allow identifying better the respective weight of the factors associated with the road accident frequency. Methodologically, ARIMA (Auto-Regressive Integrated Moving Average) model is used to meet our above goal. Moreover, the methodology of Box Jenkins intervenes as a statistical solution to solve the problem of time series analysis. The results show that the time series of accidents are mainly characterized by two different periods in terms of trend. A low decrease in the number of accidents before the revolution (2011) (between 2007 and the end of 2010) and the irregular evolution in the rest of the series. Then, models are developed in accident cases and ARIMA (0, 1, 2) is identified as the best model. A three-year forecast is made using the best model and it shows that the number of road accidents would decrease due to several factors in Tunisia. Consequently, this study shows that the temporal analysis of the time series of road accidents can attract the attention of decision-makers to the importance of the application of key road safety measures in the short, medium and long term as well as the nature of the relationship between the different decision-makers horizons.

KEYWORDS: Road safety; Time series analysis; Road accidents; ARIMA.

1 INTRODUCTION

Road traffic accidents represent a global problem, which has attracted an increasing interest because of its social and economic consequences. Worldwide, the number of people killed each year in road accidents is estimated at nearly 1.25 million, while the number of injured could reach 50 million (World Health Organization, 2015) [1]. In Tunisia, citizens always live a dramatic situation. Indeed, with a daily average of more than 21 accidents causing more than 32 injured and over 4 dead (National Road Safety Observatory of Tunisia), and with socioeconomic costs, which represent nearly 190 million dollars annually (World Health Organization, 2013), it is not surprising that more attention and resources should be devoted by decision-makers to this major problem.

Nowadays, the National Road Safety Council meets once a year to make recommendations and to contribute to one way or another in the road safety improvement process. But nothing is done due to a lack of a national policy for road safety. Thereafter, each actor acts on his side without any achieving coordination and therefore without real results. The aim of this article is to analyze temporally a time series of road accidents and provides a future number of observations in order to form a judgment on the current and future situation of road safety and consequently make easier the process of developing a national policy.

In this article, we have applied an ARIMA model proposed by Box and David (1970) to reconstruct the pattern of processes subjected to random shocks over time: between two successive observations in a series of measurements concerning the

Corresponding Author: Karim KAMMOUN

activity of the process, a random event called perturbation affects the temporal pattern of this process and thus modifies the values of the observations. To do this, Box and Jenkins' methodology is applied using studio software to construct an ARIMA model that best describes the pattern of a time series using the following procedure: identification, estimation, diagnosis and prediction.

In this paper, our first goal is to examine related research studies; secondly, we will present a recent data to use and materials. Moreover, we will discuss some models and applied methodologies. Finally, the results are analyzing.

2 LITERATURE REVIEW

Progress in road safety is a primary objective for several countries, and as a result, a very high number of scientific works are being done just to analyze and improve the state of road safety. On the other hand, these road safety studies are different, in terms of the nature of the problem as well as the data used, and the approach followed. Indeed, concerning the temporal analysis of accidents, various works are involved; whose time series analysis is the most used approach.

2.1 RELATED WORKS

The temporal analysis of road accidents or fatalities is based mainly on time series and easily treated, measurement tools, to relate the number of observations, which are evaluated according to road traffic, demand for daily travel, climatic conditions and other factors. Indeed, the literature has many works such as (Christens, 2003; Yuan, and al., 2013) which examine the factors responsible for the variation of road accidents according to the years. The same for the effects of strategies and the economic evolution on the occurrence of accidents and the number of deaths per month, there are also various studies such as (Lassarre, 2001; Levine, and al., 1995). The most used type of time series in temporal analysis examines the annual or monthly number of accidents and victims in some countries. The objective of the analysis is to describe accident phenomenology qualitatively and quantitatively, that one may help us to understand and predict the variation in the road safety situation. Researchers are trying to identify a more appropriate technique for analyzing time series. Consequently, it becomes possible to have a vision for the future to predict the frequency of accidents (Basic, and al., 2010).

2.2 THE DYNAMIC UNIVARIATE MODELS

According to European Commission COST Action 329 (2004), there are two types of much answered dynamic univaried models: the structural models by Harvey and the ARIMA models by Box and Jenkins. Concerning the structural models, the applications of these models are very diverse in terms of problems and variables. Historically, the first test was made by Harvey and Durbins in 1986. It's showed the consequences of the introduction of the seat belt law in the United Kingdom. The second test of this model was used by Ernst and Bruning in 1990 dealing with the seat belt in West Germany. In addition, the diversity of scientific works related to the analysis of an explanatory factors influence on the level of road safety where structural models of the time series are used. Other applications are distinguished in road safety analysis based on this method by Lassarre (2001), Scuffham and Langley (2002), and was applied by Christens (2003), Gould (2005) and Van den Bossche (2006). For the second dynamic uni-varied model, ARIMA model shows a case of ARMA model. According to the literature, ARIMA is developed by Box and Tiao (1975) and is generally used extensively to model or predict time series data. Looking at applications in road safety, many scientific works can be referred to, for example Wagenaar (1984) and Van den Bossche, and others. Moreover, in terms of advantages, the approach of this model represents a flexible form for the identification and estimation of the parameters for a studied series, and the prediction of future observations.

2.3 THE FORECAST IN ACCIDENTOLOGY

About accident prediction, the literature has a variety of works whose used models usually depend on the availability of the data and the nature of the problem. Indeed, a separation has been translated in the choice of models that analyze the effects of some factors according to observations of accidents and forecasting models of future observations. The use of ARIMA model is an example to predict the number of road fatalities in Malaysia between 2015 and 2020 (Rohayu, and al., 2012), the same model was used but this time to predict the number of accidents in China (Yuan and al., 2013).

3 METHODOLOGY

3.1 DATA AND MATERIAL

This study is based mainly on a time series that aims to analyze the evolution of road accidents as a function of time. The data used is derived from the National Road Safety Observatory (NRSO) database, which enables to formulate time series of road accidents. NRSO is the only responsible source that has a set of time series based on the number of accidents, deaths and injuries, plus a set of potential explanatory variables. About data, we have used the monthly history of road accidents which extends over 9-years from 2007 to the end of 2015. The choice of this period is mainly related to the availability of data proposed by the NRSO. This analysis has been converted into computer language by RStudio software. It is an integrated development environment, functional, free and multiplatform, whose programming language is used for statistical analysis.

3.2 CONCEPTS AND STATIONARITY PROCESS

The basic notion that intervenes when modeling a time series is that of stationarity. Consequently, it becomes very important to study the set of stochastic characteristics of the time series before running statistical tests. So, it is necessary to examine the stability of variance and mean of the time series over time. A time series is stationary if there is no systematic change in mean (no trend) (1), variances and strictly periodic variations (2) and (3) have been removed. Then, a stationary temporal series has no tendency or seasonality the statistical parameters of the series do not change over time. Mathematically, a series is said to be stationary if:

$$E(Y_t) = \text{constante pour tous } t. \quad (1)$$

$$Var(Y_t) = \text{constante pour tous } t. \quad (2)$$

$$Cov(Y_t - Y_{t+k}) = \text{constante pour tous } t. \quad (3)$$

On the one hand, if the characteristics of a time series have a change over time, it is assumed to be non-stationary. So, we must achieve the stationary by the differentiation process before analyzing or modeling the time series. Consequently, the differenced data must be characterized by less variation around the systematic mean of the series compared to the original series. Generally, for non-seasonal data, first order differencing operation may be sufficient to attain the stationarity (4). On the other hand, other types of the series require order differencing operation (5) or more:

$$\nabla y_{t+1} = y_{t+1} - y_t \quad (4)$$

$$\nabla^2 y_{t+2} = \nabla y_{t+2} - \nabla y_{t+1} - 2y_{t+1} + y_t \quad (5)$$

3.3 ARIMA (P, D, Q) MODEL

In the analysis of a time series, mainly two categories of models can be distinguished, the first category assumes that the data used are a function of time, whereas the models of the second category estimate the values of data used depending on the data values that precede them. The second category then has an ARIMA model (AutoRegressive Integrated Moving Average). The ARIMA model has been formalized and popularized by Box and Jenkins in 1976. ARIMA (p, d, q) combines three types of temporal processes: The autoregressive process (AR), which considers that each value in a time series can be determined by the weighted sum of a set of previous values, with a random error term; The integrated process (I) which considers that each value exposes a constant difference with the previous value; The moving average (MA) which considers that each value can be determined as a function of the errors related to the previous value, with a more error term.

For model parameters, "p" is the order of the autoregressive process AR (p), "d" the order of differencing or degree of integration process I (d) and "q" the order of Moving average MA (q). In general, the ARIMA model (p, d, q) follows the formula below.

$$y_t = \sum_{i=1}^{p} \varphi_i y_{t-i} + \sum_{j=1}^{q} \theta_j \mathcal{E}_{t-j} + \mu + \mathcal{E}_t \quad (6)$$

Where autoregression coefficient "ϕ" expresses the strength of the linear connection between two successive values (AR (p) refers to as "y_t" depends on the "p" previous values), the term "θ" is moving average coefficient multiplied by a past random error "$\mathcal{E}$".

3.4 BOX AND JENKINS METHODOLOGY

In practice, it is very difficult to use equation 6 in the case where the number of lag "p" or "q" is large. Then, Box and Jenkins methodology intervenes as a statistical solution to solve the problem of time series analysis. It presents a forecasting method which implements knowledge about autocorrelation analysis while testing a set of ARIMA models to identify the appropriate model for a time series and to make the forecast. This method has four main stages: model identification, parameter estimation, diagnostics checking and forecasting.

4 ANALYSIS AND RESULTS

4.1 DESCRIPTIVE ANALYSIS

According to Fig. 1, the time series plot shows a monthly road accident cases in Tunisia from 2007 to 2015. The time plot exhibits a variation in the mean of the series which gives evidence of trend in the time series and consequently the absence of stationarity. In general, accident cases are characterized by an incoherent decrease from 2007 to the end of 2010 (December 2010). In January 2011, a minimal peak of 384 accident cases appeared which was mainly caused by the Tunisian revolution (interruption of travel demand). But the number of accidents increases in February 2011 and it remained irregular until the end of the time series (The data in the series do not show a seasonal pattern) except in January 2015, a maximum peak of 1233 accident cases appeared which was mainly due to the exceptional climatic conditions (a cold wave that hit the country) that increased risk of accidents.

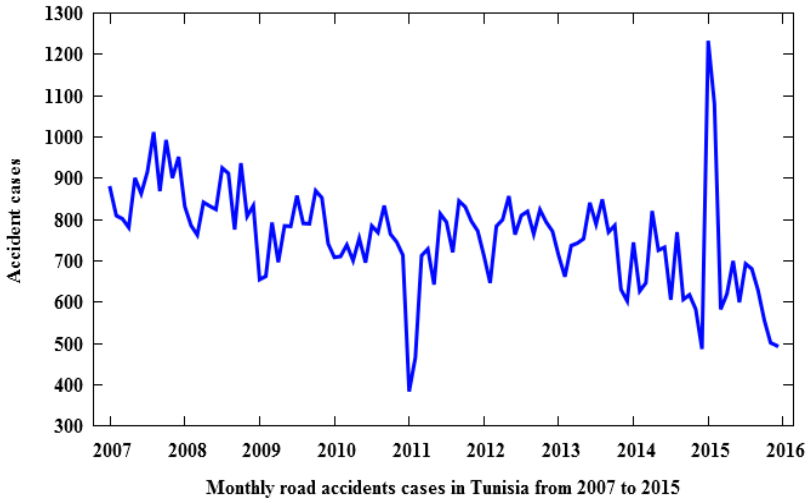


Fig. 1. Time plot of monthly road accident cases in Tunisia from 2007 to 2015

4.2 STUDY OF STATIONARITY

Studying stationarity is a fundamental phase before the analysis of the original time series. The existence of a trend requires the need to apply differencing to achieve stationarity to stabilize the time series. Fig. 2 shows a first differencing time series which was performed to remove trend component and replaced the original time series. Then, a stationarity test (the Dickey-Fuller test and the increased Dickey-Fuller test) was executed for the differenced time series to detect the existence of stationarity. The stationarity test can be exceeded, and a second differencing can be performed. So, an autocorrelation function for this last time series differencing treatment should be done allowing to detect any form of non-stationarity or over-differencing.

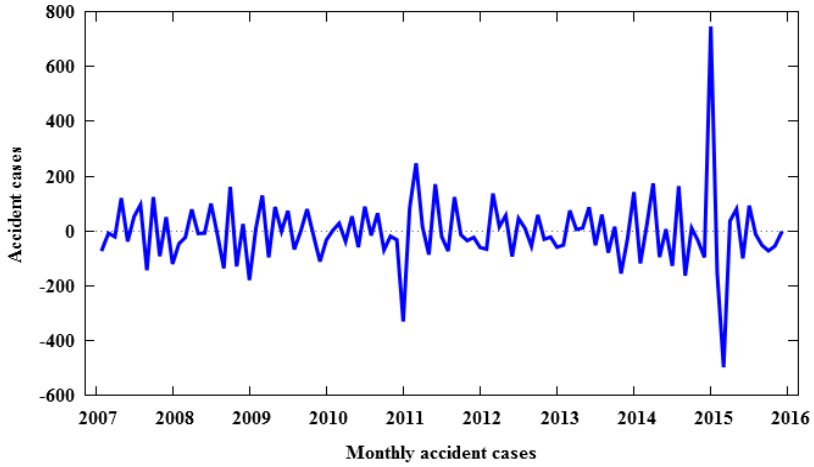


Fig. 2. First differencing of monthly accident cases in Tunisia

According to Fig. 3, the autocorrelation function has a negative peak of -0.5 at the first lag (it is a sign of over-differencing). Then, there is no need to make a second differencing and consequently the order of differencing "d" is 1.

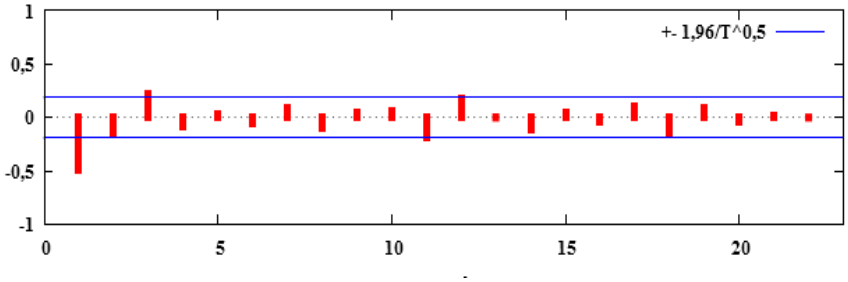


Fig. 3. ACF plots of the second differencing of monthly accident cases in Tunisia

4.3 MODEL IDENTIFICATION

After checking stationarity, in this step we have identified the parameters "p" of autoregressive process "AR" and "q" of moving average process "MA" necessary to correct the residual autocorrelations. The latter are the correlations of the time series according to a Lag (except for the lag autocorrelation 0 which is equal to 1). We used for this step the first differencing time series. ARIMA model (p, d, q) identification is based on the autocorrelation function (ACF) test for the determination of "p" and the partial autocorrelation function (PACF) for determining "q". In general, if ACF plot of the first differencing has only its first terms "q <= 3" and different from zero, we can consider an MA (q). Fig. 4 shows that the autocorrelation function (ACF) of the first differencing time series has only two significant negative peaks that exceed the error limits. Then, ARIMA model has a moving average process of order 2 or MA (2).

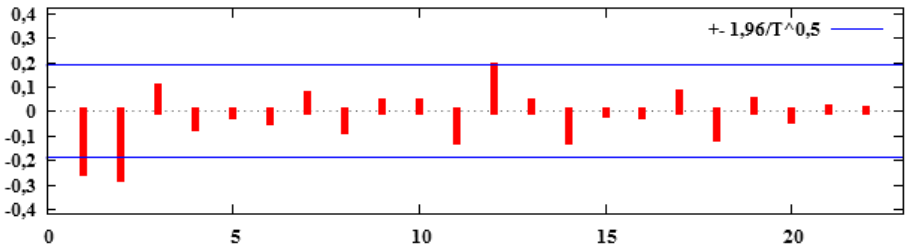


Fig. 4. ACF plots of the first differencing of monthly accident cases in Tunisia

For the determination of the autoregressive process order "p", if the PACF plot of the first differencing has only its first terms "p <= 3" and different from zero, we can consider an AR (p). Fig. 5 shows that the partial autocorrelation function (PACF) of the first differencing time series has only two significant negative peaks that exceed the error limits. Then, ARIMA model has an autoregressive process of order 2 or AR (2).

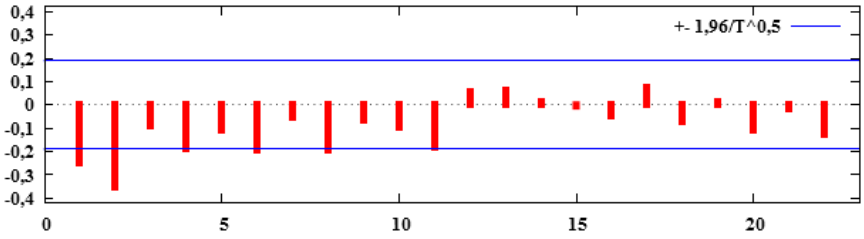


Fig. 5. PACF plots of the first differencing of monthly accident cases in Tunisia

As a result, a set of ARIMA models have been proposed: ARIMA (2, 1, 2), ARIMA (2, 1, 0), ARIMA (0, 1, 2).

4.4 ESTIMATING MODEL PARAMETERS

This part is intended to estimate the autoregressive parameter (p) and moving average parameter (q), which aims to obtain an appropriate model. Then modeling each model separately using RStudio to estimate all models previously proposed. The software allows exhibiting a result an estimated values (coefficients) and standard errors of the parameters. Indeed, we can provide the approximate values of "t" or "t-values" (the coefficient is divided by the standard error). In cases where the approximate value of "t" is not logical, the model that has this illogical parameter estimation should be eliminated without completing the other steps of Box and Jenkins methodology.

Table I shows that most values of "t" are statistically significant, while the value of "t" is insignificant for the coefficient MA (1) because it is less than 2.

Table 1. STATISTICAL INDICATORS OF ARIMA (2, 1, 2) MODEL

Coefficient	Estimation	standard deviation	Value of "t"
AR(1)	0,5259	0,0955	5,30
AR(2)	0,2670	0,0960	2,18
MA(1)	0,0000	0,0423	0,00
MA(2)	1,0000	0,0423	23,98
Akaike information criteria= 1305,34			

Table II shows that values of "t" are statistically significant, and they exceed 2.

Table 2. STATISTICAL INDICATORS OF ARIMA (2, 1, 0) MODEL

Coefficient	Estimation	standard deviation	Value of "t"
AR(1)	0,3305	0,0903	5,30
AR(2)	0,3485	0,0896	2,18
Akaike information criteria= 1323,33			

Table III shows that values of "t" are statistically significant for the ARIMA (0, 1, 2) model.

Table 3. STATISTICAL INDICATORS OF ARIMA (0, 1, 2) MODEL

Coefficient	Estimation	standard deviation	Value of "t"
MA(1)	0,5558	0,1008	5,51
MA(2)	0,4442	0,0964	4,61
Akaike information criteria= 1305,02			

4.5 DIAGNOSTICS CHECKING

Selecting the most appropriate model should not only provide relatively accurate forecasts. It must contain only statistical noise without any regular pattern (residue plot must not expose auto-correlations). Therefore, this step consists mainly of plotting the residuals over time to examine the existence of systematic trends (it should be noted the absence of trends), to represent the autocorrelation function of residuals to identify any autocorrelation (it should be noted the absence of autocorrelation between residuals) and run a normality test (diagram Q - Q).

The figures above show the diagnostics of the residuals from ARIMA (0, 2, 1). First, the standardized residuals plot (Fig. 6) shows no obvious trend and pattern and looks like an independent and identical distribution. Second, in terms of autocorrelation, the ACF plot of residuals (Fig. 7) shows no evidence of significant correlation in the residuals. Finally, the normality test plot (Fig. 8) shows that most of the residuals are located on the straight line except some few outliers deviating from the normality. In conclusion, the model is adequate and fits well. Like the diagnostics checking of ARIMA (0, 1, 2), it is also observed that ARIMA (2, 1, 2) and (2, 1, 0) models exposed similar diagnostics characteristics as ARIMA (0, 1, 2) model.

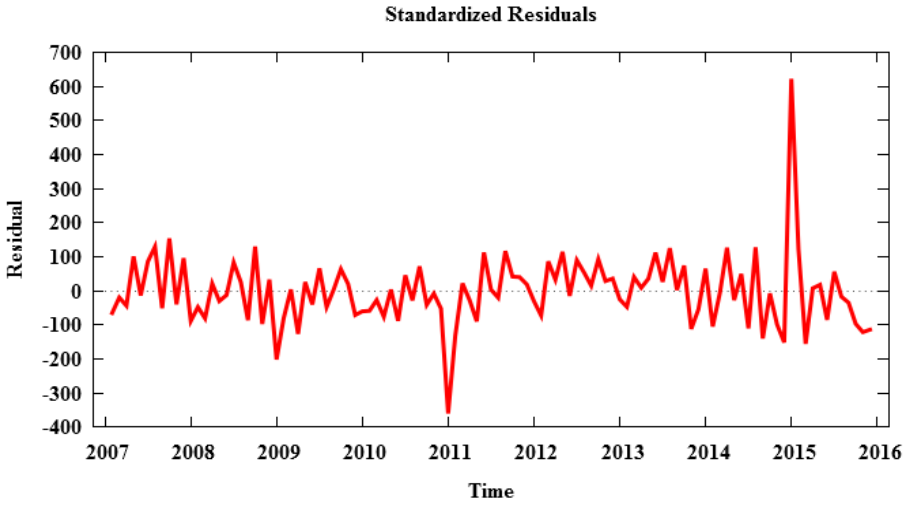


Fig. 6. The normality test plot of ARIMA (0, 1, 2)

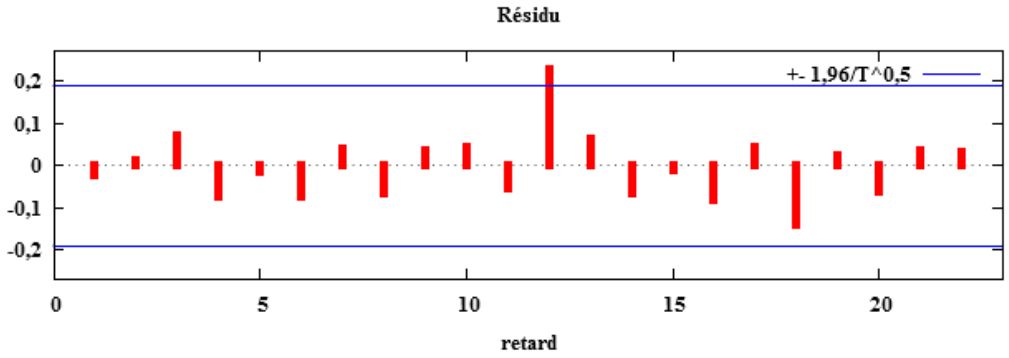


Fig. 7. The ACF plot of residuals of ARIMA (0, 1, 2)

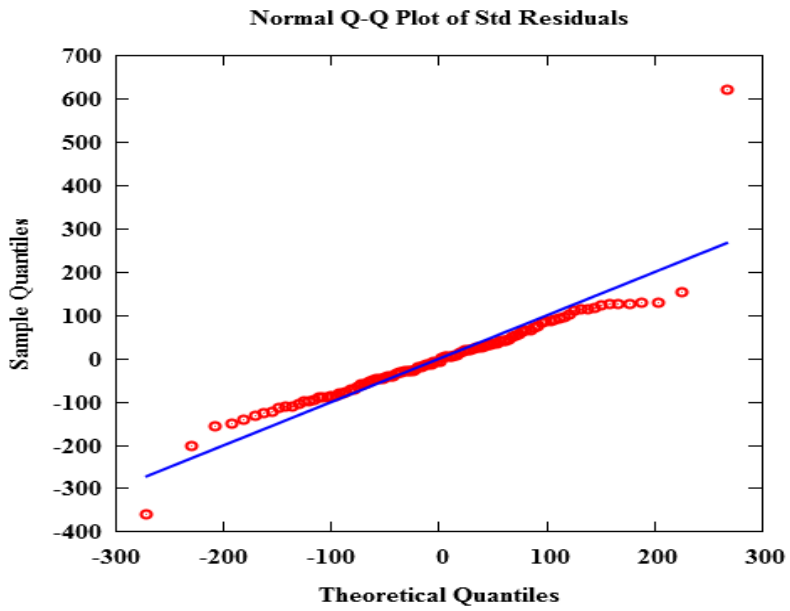


Fig. 8. The normality test plot of ARIMA (0, 1, 2)

4.6 SELECTION OF THE MOST APPROPRIATE MODEL FOR FORECASTING ACCIDENT CASES

Regarding diagnostics checking tests of the previously proposed ARIMA models, the standardized residuals plots (standard errors) of models were distributed in an independent and identical manner (irregular variations). In addition, the autocorrelation functions (ACF) plots of the residual of all models have shown no correlation. Furthermore, the normality test plots were significant for all models.

From TABLE I, II and III, the values of "t" demonstrate that coefficients of ARIMA (0, 1, 2) and ARIMA (2, 1, 0) models are significant except for ARIMA (2, 1, 2) is not significant, the parameters of ARIMA (0, 1, 2) and ARIMA (2, 1, 0) are compared. Comparing the Akaike information criteria (AIC) of the models, it is noticed that ARIMA (0, 1, 2) has the minimum AIC and residual variance. According to the above discussion, the ARIMA (0, 1, 2) model is the most favorable for forecasting accident cases in Tunisia.

4.7 FORECASTING ACCIDENT CASES IN TUNISIA

For this study, the forecast presents the final step of the Box and Jenkins methodology. Based on our time series, we could use the appropriate model ARIMA (0, 1, 2) to forecast accident cases. Consequently, we could formulate our model by the following equation:

$$y_t = y_{t-1} - (\theta_1 \mathcal{E}_{t-1} + \theta_2 \mathcal{E}_{t-2}) + \mu + \mathcal{E}_t \quad (7)$$

with, θ_1 = - 0,5558 and θ_2 = -0,4442

Based on equation (7), fig. 9 represents the visual representation of accidents cases from 2007 until the end of 2015 (red line). Moreover, based on the adjusted forecasts for the same period, the figure below shows a future road accident cases (blue line) with its confidence interval (green area). The aggressive and irresponsible behavior of Tunisian drivers constitutes the first major factor in road accidents. According to Fig.9, the road accident cases in Tunisia will represent a surprising decrease over the next three years.

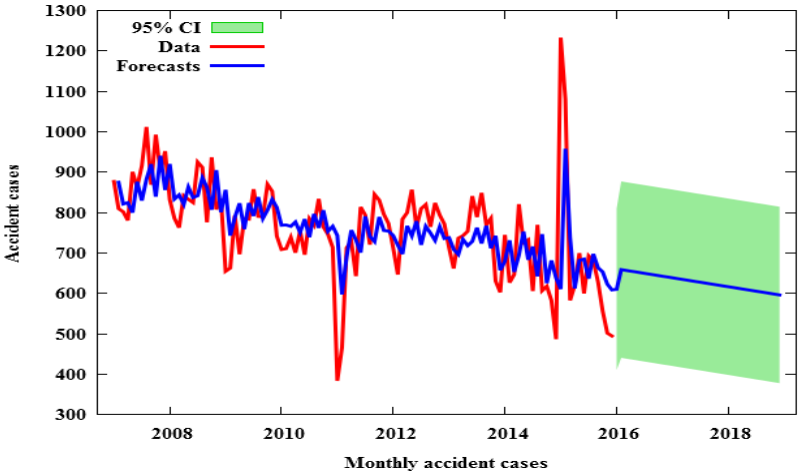


Fig. 9. Graph of the accident cases, its forecast and confidence intervals

By making the connection with the daily life of Tunisians, this decrease can be explained by several causes such as the political and security instability that marks the country nowadays and which makes it possible to slow or even stop the road traffic flows. Moreover, the degradation of climatic conditions (snow falls and floods) which affect the country every winter and which have a direct effect on the fluidity of traffic flow and the mobility of individuals; in addition to the vehicular intensification in urban areas which can slow traffic.

5 CONCLUSIONS

In this study, there are two main objectives. The first is the emphasis on the importance of temporal analysis (time series analysis) to make the best use of the data collected by the NRSO. The second is the implementation of effective road safety policy against accidents by predicting future road accidents. In scientific research, the time series of road accidents represent a very useful data in the road safety analysis. In terms of visualization, these series can be used to display and describe events related to road safety and the evolution of accidents or road victims over time. Therefore, the time series analysis related to the accidentology has a very important place in the decision-making process to improve the level of road safety. Concerning the results of our study, we can conclude from the descriptive analysis of the time series of road accident data in Tunisia over 9 years from 2007 to the end of 2015, that accidents show a small decrease before the revolution. But, in general it is characterized by an irregular evolution in the rest of the series. After applying the Box and Jenkins methodology, ARIMA (0, 1, 2) is identified as the most appropriate model to our data. Moreover, the forecast executed by this model shows a decrease in the number of accidents in Tunisia for the next three years. Based on our daily lives, the reduction in road accidents can be explained generally by an increase in number of strike actions repetitive cold waves, an increase in vehicle fleets which can slow the movement of vehicular flow in urban areas. This result can draw attention to the importance of applying key measures (time series analysis) to have a clear vision on the exact level of road safety and to improve the prevention strategy, based on scientific studies and research.

REFERENCES

[1] W. H. Organization, World report on road traffic injury prevention, Geneva: WHO, 2013.
[2] W. H. Organization, World report on road traffic injury prevention, Geneva: WHO, 2015.
[3] B. G. e. P. D.A, «Distribution of Residual Autocorrelations in Autoregressive Moving Average Time Series Models, » Journal of the American Statistical Association, vol. 65, 1970.
[4] P. F. Christens, Statistical modelling of traffic safety development, Ph. D. thesis, 2003.
[5] Y. X.-j. Z. Z.-b. T. M.-j. C. a. Y. G. Yuan, «Autoregressive Integrated Moving Average Model in predicting road traffic injury in China », Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi l, vol. 34, n°17, pp. 736-9, 2013.
[6] S. Lassarre, «Analysis of progress in road safety in ten european countries», Accident Analysis and Prevention, pp. 33: 743-751, 2001.
[7] N. &. K. K. &. N. L. Levine, «Daily fluctuations in Honolulu motor vehicle accidents», Accident Analysis and Prevention, pp. Vol. 27. No. 6. P. 785-796., 1995.

[8] B. S. &. B. T. &. J. D., «Temporal and time series forecasting as a tool for traffic safety analysis», International Symposium "Road accidents prevention 2010", 2010.
[9] European Commission COST Action 329, «models for traffic and safety development and interventions», EUR20913, 2004.
[10] A. C. a. J. D. Harvey, «The effects of seat belt legislation on British road casualties: A case study in structural time series modelling », Journal of the Royal Statistical Society, pp. 149(3), 187–227, 1986.
[11] G. a. E. B. Ernst, «Funf Jahre danach: Wirksamkeit der 'Gurtanlegepflicht fur Pkw Insassen», Zeitschrift fur Verkehrssicherheit, pp. 36(1), 2–13, 1990.
[12] P. A. a. J. D. L. Scuffham, «A model of traffic crashes in New Zealand», Accident Analysis and Prevention, pp. 34(5), 673–687., 2002.
[13] P. G. Gould, «Econometric modelling of road crashes», Ph. D. thesis, 2005.
[14] F. A. M. Van den Bossche, «Road Safety, Risk and exposure in Belgium», PhD, 2006.
[15] G. E. a. G. C. T. Box, «Intervention analysis with applications to economic and environmental problems», Journal of the American Statistical Association, pp. 70-79, 1975.
[16] A. C. Wagenaar, «The effects of macroeconomic conditions on the incidence of motor vehicle accidents», Accident Analysis and Prevention, pp. 16 (3) 191-205, 1984.
[17] F. W. G. a. B. T. Van den Bossche, «A regression model with ARMA errors to investigate the frequency and severity of road traffic accidents», chez Proceedings of the 83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, 2004.
[18] S. S. A. S. J. M. a. W. S. Rohayu, «Predicting Malaysian road fatalities for year 2020», Kuala Lumpur: Malaysian Institute of Road Safety Research 2020, 2012.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1554-1558
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

أحكام السلم بين ابن عبد البر و السمرقندي

[Rulings of Salam between Ibn Abd al-Barr and al-Samarqandi]

Mohamed EZZITI[1], Badre-Eddine EZZITI[2], Abdellah ZEROUAL[1], and Almouncif LKRISSI[1]

[1]Department of Islamic Studies, Cadi Ayyad University, Faculty of Arts and Humanities, Marrakech, Morocco

[2]Mohamed ben Abdellah University, Faculty of Chariaa, Sais-Fes, Fez, Morocco

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

ABSTRACT: Considering the importance of transections in human life, the object of this article is to highlight one aspect of financial transactions, Salam transaction as an example, from the perspective of Islamic fi9h, especially Maliki fi9h and Hanafi fi9h. It examines it through point of view of two famous scholars of these schools, al-Fa9ih Ibn Abd al-Barr al-Maliki and al-Fa9ih al-Samraqandi al-Hanifi. It shows the differences between them, their reasons for that and the choice of their opinion either inside their schools or if they come out of their doctrine. It talks about Salam transection (contract) explaining its concept, terms, conditions, and other sides of it.

KEYWORDS: Sharia, The Maalikis, The hanafite, Ibn Abd al-Barr, Samarkandi.

لخص: هذا المقال يسلط الضوء على أحد جوانب المعاملات المالية المتمثلة في السلم، بنظرة فقهية تأصيلية مقارنة بين مذهبين لهما اعتبار ووزن في التشريع الفقهي والاجتهاد، وهما المذهب المالكي والمذهب الحنفي، من خلال علمين من أعلامهما الأجلاء، الإمام الفقيه المحدث ابن عبد البر المالكي. والإمام الفقيه العالم السمرقندي الحنفي، مبينا أوجه الاتفاق والاختلاف، بينهما، وسبب اختلافهما تبع لأصول مذهبيهما، واختياراتهما إن خرجا عن مذهبيهما في مسألة من المسائل على اعتبارهما علماء مجتهدين لهما بصمتهما في الفقه الإسلامي وترجيحاتهما. من خلال بيان مفهوم السلم وشروطه وأركانه ومحله وما يترتب عليه أخذا وعطاء بيعا وشراء، مع بين تلك الأحكام في : السلم في الحيوان واللحم والسمك والخبز.مبينا في نهاية كل مسألة ما ذهب إليه كل منهما، وهل اتفقا أم اختلفا؟ وهل تفرد كل منهما برأيه الفقهي؟ أم اختارا ما عليه مذهبيهما من أحكام فقهية؟

كلمات لالية : الشريعة، المالكية، الحنفية، ابن عبد البر، السمرقندي.

الفــرع الأول : فهوم السلم :

أ ـ لـــغة : السلم بالتحريك السلف، و أسلم في الشيء و أسلف بمعنى واحد ،و الاسم السلم، و أسلم و سلم اذا أسلف، و هو أن تعطي ذهبا في سلعة معلومة الى أمد معلوم، و يقال أسلم الرجل في الطعام اذا أسلف فيه. [1]و قال ابن فارس :(السين و اللام، و الميم) معظم بابه من الصحة و العافية و يكون فيه ما يشد، و هو قليل.فالسلامة : أن يسلم الانسان من العاهة و الأذى قال أهل العلم الله جل ثناؤه هو السلام لسلامته مما يلحق المخلوقين من العيب و النقص و الفناء. يقول الله عز وجل "وَاللَّهُ يدْعُو إِلىٰ دَارِ السلامِ وَيهدِي من يشاءُ إِلىٰ صرَاطٍ مستقيمٍ"[2] فالسلام الله جل ثناؤه و داره الجنة. ومن الباب أيضا الاسلام و هو الانقياد، لأنه يسلم من الاباء و الامتناع. و السلام- بكسر السين - : المسالمة و فعل نجيء في المفاعلة كثيرا، نحو : القتال و المقاتلة. ومن باب الاصحاب و الانقياد : السلم، بفتح السين – الذي يسمي التلف ، كأنه مال أسلم و لم يمتنع من اعطائه و ممكن أن تكون الحجارة سميت سلاما – بكسر السين – لأنها أبعد شيء في الأرض من الفناء و الذهاب، لشدتها و صلابتها.[3]

و يقال سلم و اسلم و سلف و أسلف بمعنى واحد، و هو قول جميع أهل اللغة كما جاء في كتاب تهذيب الأسماء و اللغات. [4]

و قال المطرزي: أسلم في البر، أي أسلف من السلم، و اصله أسلم الثمن فيه فحذف و قد جاء على الأصل منه قوله: اذا أسلم صوفا في لبد أو شعر في مسح لم يجز. [5]

ب ـ شـــرعا :

تعريف المالكية : هو بيع معلوم في الذمة محصور بالصفة بعين حاضرة أو ما هو في حكمها الى أجل معلوم. [6]

و عرفه الدسوقي في حاشيته " هو بيع يتقدم فيه رأس المال و يتأخر المثمن لأجل".[7]

و عرفه ابن عرفة بقوله : " السلم عقد معاوضة يوجب عمارة ذمة بغير عين و لا منفعة غير متماثل العوض ". [8]

تعريف الحنفية : عرفه الإمام السمرقندي في تحفة الفقهاء " هو عقد يثبت به الملك في الثمن عاجلا و في الثمن آجلا ". [9]

و قال ابن عبد البر في الاستذكار.[10] السلف و السلم بمعنى واحد، وقد ورد به القرآن في أية الدين و هي قوله تعالى : "يا أيها الذين آمنوا اذا تداينتم بدين الى أجل مسمى فاكتبوه".[11]

و يعرف السلف أو السلم بأنه بيع شيء موصوف في الذمة. [12]

الفرع الثـــاني :□شروعية بيع السلم :

بيع السلم أو السلف جائز بالكتاب و السنة و الاجماع :

أولا :الكتــاب: قوله تعالى: " يا أيها الذين آمنوا اذا تداينتم بدين الى أجل مسمى فكتبوه " (سورة البقرة الآية 282) و قد استدل بهذه الآية بن عباس رضي الله عنهما على جواز السلم، لعمومها في الديون فقال أشهد أن السلف المضمون الى أجل قد حله الله و أذن فيه و روي عنه قوله بأن هذه الآية نزلت في السلم الخاص. [13]

ثانيا : الســـنة :

دليل مشروعية عقد السلم من السنة: قوله عليه الصلاة و السلام لما ورد عن ابن عباس رضي الله عنهما أن النبي صلى الله عليه و سلم لما قدم المدينة وجد الناس يسلفون بالتمر السنتين و الثلاث فقال : " من أسلف في شيء ففي كيل معلوم وزن معلوم الى أجل معلوم". [14]

الإجمــاع :

أما دليل مشروعية عقد السلم من الإجماع فقد حكى ابن عبد البر ذلك من الفقهاء فقال: " و أجمع الفقهاء من أهل العلم على أن السلم جائز ، و أن بالناس حاجة اليه، لأن أرباب الزروع و الثمار و التجارة يحتاجون الى النفقة على أنفسهم أو على الزروع و نحوها حتى تنضج فجوز لهم السلم دفعا للحاجة". [15]

وقال ابن المنذر في الاجماع : " أجمع كل من أحفظ عنه عن أهل العلم على أن السلم جائز، لأن الثمن في البيع أحد عوض العقد فجاز أن يثبت في الذمة كالثمن و لأن الناس في حاجة اليه". [16]

الفرع الثـــالث :□حـل الســـلم :

قال ابن رشد في بداية المجتهد و نهاية المقتصد : " أما محله فانهم أجمعوا على جواره في كل ما يكال أو يوزن لما ثبت من حديث ابن عباس المشهور قال: " قدم النبي صلى الله عليه و سلم المدينة وهم يسلون في الثمر السنتين و الثلاث فقال رسول الله صلى الله عليه و سلم : من أسلف فليفلس في ثمن معلوم ووزن معلوم الى أجل معلوم". [17]

و اتفقوا على امتناعه فيما لا يثبت في ذمة و هي الدور و العقار و أما سائر ذلك من العروض و الحيوان فاختلفوا فيها، فمنع ذلك و طائفة من أهل الظاهر مصيرا الى ظاهر هذا الحديث و الجمهور على أنه جائز في العروض التي تنضبط بالصفقة و العدد.

و اختلفوا من ذلك فيما ينضبط مما لا ينضبط بالصفة، فمن ذلك.

الحيوان – و الرقيق :

فمذهب مالك و الشافعي و الأوزاعي و الليثي الى أن السلم فيهم جائز و هو قول ابن عمر من الصحابة. وقال أبو حنيفة و الثوري و أهل العراق: لا يجوز السلم في الحيوان، و هو قول ابن مسعود. [18]

قال صاحب الهداية: (و لا يجوز السلم في الحيوان). [19] و دليل الحنفية في هذا ما رواه الحاكم في مستدركه عن ابن عباس " أن النبي صلى الله عليه نهى عن السلف في الحيوان" [20]إلا أن الفريق الأول – المالكية

و الشافعية ـ يرون بأن هذا الحديث ضعيف لا يصح الاستدلال به. [21] و دليل المجيزين وهم المالكية ومن ذهب مذهبهم ما رواه أبو داوود في سننه عن ابن عمر : " أن رسول الله صلى الله عليه وسلم أمره أن يجهز جيشا فنفدت الابل، فأمره أن يأخذ على الصدقة، فأخذ البعير بالبعيرين الى ابل الصدقة" [22]. وكذا حديث أبي رافع أيضا " أن النبي استلف باكرا" [23] ومن هنا قالوا (أي المالكية) إن كل عين صح تبوثها في الذمة مهرا صح ثبوتها في الذمة سلما. [24]

سبــب الخلاف :

بعد عرض دليل كل فريق و النظر في دليل كل واحد يتبين أن سبب الخلاف بين الفريقين قائم على شيئين:

1) تعارض الآثار في هذا المعنى .

2) تردد الحيوان بين أن ينضبط بالصفة أولا ينضبط. فمن نظر الى كون الحيوان متباين في الخلق و الصفات و بخاصة صفات النفس قال : لا تنضبط

ومن نظر الى تسابهما قال: تنضبط. [25] وجاء في الاشراف يجوز السلم في الحيوان كونه مما يضبط بالصفة و كونه يثب في الذمة.[26] و قال ابن عبد البر في الاستذكار : " احتج من لم يجز السلف في الحيوان بأنه لا يضبط ضبطا صحيحا بالصفة، لأن السن و اللون يتباينان تباينا بعيد لأن القاره القوي يكون متقدما في الثمن، و القيمة و الجودة و الفرهات و نحو هذا في سائر الحيوان " و احتجو أيضا بأن رسول الله صلى الله عليه و سلم استقرض بكرا على ابل الصدقة. [27]

اختيار الحافظ ابن عبد البر في السلم في الحيوان:

اختار الحافظ ابن عبد البر قول المميزين لصحة السلم في الحيوان، و يكون في اختياره هذا موافق لمذهب مالك، و استدل بما استدل به أصحاب هذا القول، بحديث أي رافع و قد ذكر الحافظ فيما استنبطه من الحديث " في الحديث أيضا اثبات الحيوان دين في الذمة من جهة الاستقراض و هو الاستسلاف جاز السلم فيه لأنه عرض يثبت في الذمة بصفة معلومة.[28]

اختيار السمرقندي في السلم في الحيوان :

اختيار الامام السمرقندي ما عليه مذهبه فوافقه في عدم جواز السلم في الحيوان حيث قال في تخفة الفقهاء " وعندنا لا يجوز كيف ما كان "

السلـــم في اللحم :

و مما اختلف فيه الفقهاء في بيع السلم اللحم هل يجوز فيها أم لا، فقال أبو حنيفة لا يجوز السلم في اللحم .[29] و هذا في اللحم الذي فيه العظم أصلا. أما في منزوع العظم عنه روايتان : ففي ظاهر الرواية لا يجوز و هو الصخيخ و في رواية العرضي : يجوز. [30] وفي جلا المسألتين يرجع منهم السلم الى وجود الجمالة في الجنس و النوع و السن و القدر. [31]

وذكر الجصاص و قال: لا يجوز، لاختلاف السمن و الهزال . و أما أبو يوسف صاحب أي حنيفة و محمد و الشافعي فقالوا يجوز اذا بين جنس اللحم بأن قال : لحم شاة أو بقر، و بين السن بأن قال : لحم شاة ثني أو جدعة، و بين النوع بأن قال لحم شاة ذكر أو أنثى خصي أو بأن قال معلوفة أو سائمة، و بين صفة اللحم بأن قال: سمين أو مهزول أو وسط و بين الموضوع بأن قال: من الكتف أو من الجنب و بين المقدار بأن قال : عشرة أمناء. [32]

و أما المالكية و من تبعهم فقالوا :يصح السلم في اللحم و ذلك بشرط ضبط صفاته بذكر جنس اللحم، و نوعه، و سنه، و موضعه، و مقداره.

و دليل المالكية في قولهم حديث النبي صلى الله عليه و سلم " من أسلف فليسلف في كيل معلوم أوزن معلوم"و كذا قولهم أنه اذا أجاز السلم في الحيوان فاللحم أولى. [33]

وبهذا يكون قول المالكية مواقف لما ذهب إليه أبو يوسف صاحب أبو حنيفة.

بيان سبب الخلاف :

بعد عرضنا لقول و حجة كل فريق يتبين لنا أن سبب الخلاف راجع الى أر واحد و هو الجهل بالجنس و النوع، و السن و المقدار فمر يرى أن هذا الجهل يمكن أن يزول اذا تحدث الأوصاف أجاز ذلك بشرط اتحادها، و تجانسها و منهم المالكية و غيرهم – و اما من يرى بأنه لا يمكن ازالة الجهالة يكون لخوم الحيوان لا يمكن تجانسها فلا يجبر السلم في ذلك و هم الحنفية.

اختيار ابن عبد البر و السمرقندي في السلم في الحيوان :

فمن خلال تتبع اختيارات كل واحد منهما يظهر أن الامامين في هذه المسألة انحنيا منحى ما عليه مذهب كل واحد منهما و الله أعلم.

السلـــم في السمك:

و مما اختلف فيه المذاهب السلم في السمك هل محله الجواز او المنع.

فالذي عليه الجمهور في هذه المسألة أنه كالسلم في اللحم . [34] وذلك بشرط عدم الجنس و النوع

والمقدار ... أو بعبارة أخرى حين تنتقي الجهالة فهو جائز. عنهم أما إذا كان فيه جهل فمحله المنع كما فبي اللحم.

و أما عند الحنفية فاختلفت الروايات بين الجواز و المنع ، كيلا أو وزنا ، ويستوي فيه المالح والطري ، لأن الصغار منه لا يتحقق فيه اختلاف السمن والهزال ، ولا اختلاف العظم بخلاف اللحم. وأم الكبار ففي ظاهر الرواية : يجوز كيف ما كان .[35]

و قد أورد تفصيل هذا الخلاف صاحب المحيط البرهاني في الفقه النعماني فقال ما نصه : " قال محمد رحمه الله في الأصل و لا بأس بالسلم في السمك المالح وزنا معلوما. يجب أن يعلم أن السلم في السمك عددا لا يجوز طربا كان أو مالحا لأنه عددي متفاوت فيه الصغير و الكبير، و أما السلم فيه وزنا فإن كان طريا و كان السلم في غير حينه لا يجوز، هكذا ذكر في " الأصل" و طعن بعض المشايخ في قوله غير حينه و قالوا الطري مما يوجد في الأحايين كلها لأن وجوده بالأخذ واحدة ممكن في الأوقات كلها، و الجواب أن الأخد قد يتعذر في بعض الأحيان بأن يتجمد الماء أو بكثر أوما أشبه ذلك فلهذا شرط الحين و ان كان السلم في الطري في حينه أو كان السلم في المالح ذكر في "الأصل" و لم يجد خلافا.

و روى أبو يوسف رحمه الله عن أبي حنيفة أن السلم في السمك لا يجوز بحال من الأحوال ، وجه هذه الرواية : أن السمك لحم فلا يجوز السلم فيه كما لا يجوز في لحم البقر و الشاه عنده، وجه الفرق لأبي حنيفة على ظاهر الرواية أن السلم في لحم البقر و الشاه إنما لم يجز إما لأن اللحم يتفاوت باختلاف العظم و هذا المعنى لم يكن بحقيقة هكذا لأن العظم في السمك ساقط الاعتبار فيما بين الناس لا يجري المماكسة باعتباره أو لأن اللحم بتفاوت من حيث السمن و الهزل و هذا المعنى لا يمكن بحقيقه مهن أيضا، لأن السمن و الهزل ليس بظاهر فيه و هذا كله قول ابي حنيفة.

و قال أبو يوسف و محمد لا يجوز السلم في كبار السمك، و فرقا بينه و بين اللحم، لأن في اللحم يمكن بيان مكان اللحم فنزول الجهالة في السمك لا يمكن، و هذا كله في كبار السمك و أما الصغار منه فالسلم فيها جائز و زنا معلوما أو كيلا معلوما. طريا كان أو ملاحا بعد أن يكون السلم في الطري في حينه فقد فرقا بين الصغار و الكبار، و الفرق : أن في الكبار انما لا يجوز السلم عندها لأنه لا يمكن بيان مكان اللحم و هذا المعنى لا يأتي في الصغار" [36]

و لكن الصحيح من المذهب : أن السلم يجوز في السمك الصغار كيلا أو زنا و يستوي فيه المالح و الطري. لأن الصغار لا يتحقق فيه اختلاف السن والهزال ولا اختلاف العظم بخلاف اللحم.

و أما الكبار ففي ظاهر الرواية يجوز كيفما كان وزنا. [37]

اختيار السمرقندي في مسألة السلم في السمك :

من خلال تتبعي لنصوص الحنفية في هذه المسألة يظهر و الله أعلم أن الامام السمرقندي اختار في هذه المسلة ما عيه الصحيح في المذهب و رجحه، و هو جواز السلم في السمك الصغار كيلا أو وزنا. مستويا في ذلك المالح و الطري في حينه فقال : " و الصحيح من المذهب أن السلم يجوز في السمك الصغار حيلا أو وزنا و

يسوي فيه المالح و الطري في حينه" . [38] و أما السلم في السمك الكبار فحكى الخلاف الذي عليه الروايتين أبي حنيفة و تلميذه أبي يوسف. ولم يرجح رواية على أخرى و الله أعلم حيث قال " و أما الكبار ففيه روايتان: عن أبي حنيفة في ظاهر الرواية: يجوز كيف ما كان وزنا و في رواية أبي يوسف و محمد: يجوز في ظاهر الرواية كما في اللحم و في رواية أخرى عنهما: لا يجوز بخلاف اللحم". [39]

اختيار ابن عبد البر :

و الذي اختار ابن عبد البر في المسألة الجواز موافقا ما عليه مذهبه.

السلـــم في الثياب :

اختلف العلماء في السلم في الثياب على أقوال : قول أبي حنيفة المنع قياسا لأن الثياب ليست من ذوات الأمثال. لكن استحسانا أجازوا ذلك بشرط بيان الطول و العرض و الصفة و هذا ما قال به الامام محمد رحمه الله و لم يشترط الوزن. و لكن اختلفوا في الحرير هل يشترط فيه بيان الوزن أم لا و الصحيح الذي مشى عليه شمس الأمة السرخسي اشتراطه.[40]

و الثياب هو من العدديات المتفاوتة وإنما لحق بالمثليات استحسانا لحاجة الناس إليه و تعاملهم معه.

و أما المالكية و الشافعية و الحنابلة فأجازوا ذلك.[41] وقد قال ابن المنذر: "وأجمعوا على جواز السلم في الثياب" .[42]

اختيار السمرقندي و ابن عبد البر في المسألة:

وقد نحى الإمامين منحى مذهبهم فحكى السمرقندي ما عليه خلاف مذهبه وابن عبد البر اجماع الفقهاء الثلاثة في ذلك.

السلـــم في الخبز :

كذلك اختلف الفقهاء في هذه المسألة على أقوال: فقال المالكية : و من تبعهم : يصح السلم في الخبز و نحوه مما أمكن ضبطه و مسته النار مستنفدين في ذلك الى ظاهر الحديث " من أسلم فليسلم في كيل معلوم أوزن معلوم" و في هذا الحديث اباحة للسلم في كل مكيل و موزون و معدود، و عمل النار فيه معلومة بالعادة قيمكن ضبطه بالنشافة و الرطوبة فصح السلم.[43]

وعند أبي حنيفة لا يجوز السلم في الخبز لا وزنا و لا عدد، لأن الخبز عنده يختلف بالعجن و النضج و كيفية الخبز فمنه الخفيف و منه الثقيل و المقاصد مختلفة و لذا مع هذا التفاوت لا يمكن تجويز السلم فيه. و أما على قول أبي يوسف رحمه الله : يجوز ذلك اذا شرط نوعا معلوما ووزنا معلوما و أجلا معلوما. [44]

اختيار ابن عبد البر في المسألة اختيار السمرقندي :

اختار الحافظ بن عبد البر ما عليه المذهب من جواز السلم في الخبز .

و كذلكالإمام السمرقندي حكى الخلاف الواقع داخل المذهب بين أبي حنيفة و تلميذه أبي يوسف دون ترجيح أحد على الآخر.

خلاصـــة :

من خلال تتبعنا لمحل السلم في كتب الفقهاء وما رأيناه من الاختلافات الكثيرة بين الفقهاء نخلص إلى الأمور التالية:

الأمر الأول: إجماع الفقهاء على جواز السلم في كل ما يوكل أو يوزن بحديث النبي صلى الله عليه وسلم المذكور في أول المسائل.

الامر الثاني : اتفاق الفقهاء على امتناع السلم فيما لا يثبت في الذمة و هي الدور و العقار.

الأمر الثالث : اختلافهم في العروض و الحيوان .

ملاحظـــة : ما عرضناه من المسائل الفرعية الخلافية انما كان لبيان الاصول التي يتماشى عليها فهم كل مذهب، ولم يكن عرض لجميع مسائل الباب لأنها كثيرة يصعب حصرها.

و يكفينا في معرفة حكمها تنزيلها على ما عرضناه في هذه المسائل من القواعد و الضوابط اذ بها ترد المسالة أو تقبل و الله أعلم.

المصادر والمراجع

[1] لسان العرب لابن منظور (ج 6/ ص 346 – 347) ط دار صادر بيروت
[2] سورة يونس : الآية 25/
[3] معجم مقايس اللغة – لابن فارس (باب السين و اللام و ما يماثلهما) ج 3 / ص 90 ، تحقيق عبد السلام محمد هارون . ط : دار الفكر ، سنة 1399هـ / 1979م
[4] تهذيب الأسماء و اللغات للإمام النووي (ج3/ ص 153) ط الطباعة المنيرية ـ القاهرة.
[5] المغرب في ترتيب المغرب / مادة س ل م لناصر الدين المطرزي أبو الفتح ج 1/ 412 ، ت محمد فخوري ـ عبد الحميد مختار . ط مكتبة أسامة بن زيد ـ حلب ، ط 1 سنة 1399هـ / 1379م
[6] الجامع الأحكام القرآن للقرطبي ج 1/ ص 317 ، ت عبد الله بن عبد المحسن التركي . ط : مؤسسة الرسالة . ط 1 سنة : 1427هـ / 2006م
[7] حاشية الدسوقي ـ لمحمد بن أحمد بن عرفة الدسوقي المالكي ج 14 ص 315 ط دار الفكر .
[8] شرح ميارة الفاسي على تحفة الحكام في نكث العقود و الأحكام (ج 2/ ص 132 / 133) ، ت محمد عبد السلام .نشر في 1432هـ / 2011م
[9] تحفة الفقهاء للامام السمرقندي (ج /1/ ص 8)
[10] الاستذكار باب السلف في الطعام (ج /31/ ص 19 / المسألة 629)
[11] البقرة الآية 282

[12] الاستذكار الجامع لمذاهب فقهاء الأمصار وعلماء الأقطار فيما تضمنه الموطأ من معاني الرأي والآثار وشرح ذلك كله بالإيجاز والإختصار ، لابن عبد البر (ج 31/ ص 19) ت عبد المعطي أمين قلجعي ، ط 1 سنة 1414هـ / 1993م.
[13] زاد المسير في علم التفسير عبدالرحمن بن علي بن محمد الجوزي القرشي البغدادي أبو الفرج جمال الدين ،ج 1/ ص 336ـ ط المكتب الإسلامي ـ دار بن حزم . ط 1 سنة 1423هـ /2002م . ـ تفسير ابن كثير ج 1/ص 496)
[14] صحيح البخاري باب السلم في كيل معلوم (2239) و مسلم في المساقاة باب السلم -1604) و لابن عبد البر رواه الستة
[15] الاستذكار ج 31/م 20/ص 19 / المسألة (629)
[16] الاجماع لابن المنذر ص/54 ، ت صغيربن أحمد بن محمد حنيف أبوحماد ، ط مكتبة الفرقان . ط2 المغني موفق الدين ابن قدامة ج 6/ 385 ، ت : عبد الله بن عبد المحسن التركي – عبد الفتاح الحلو، ط دار عالم الكتب ، ط 3 ، سنة 1417هـ / 1997م
[17] رواه البخاري في صحيحه: 35 كتاب السلم – باب السلم في كيل معلوم رقم (2240).
[18] . بداية المجتهد ونهاية المقتصد الابن رشد الحفيد ج 2/ 192 ، ط المكتبة العصرية ، بيروت ـ لبنان ـ حاشية الدسوقي / ج 4 / ص 322 ـ الهداية شرح بداية المبتدي مع شرح العلامة عبد الحي اللكنوي ، علي بن أبي بكرالمرغياني برهان الدين أبو الحسن / ج 4/ ص 46 . ت: نعيم أشرف نور محمد . ط دار إدارة القرآن والعلوم الإسلامية – باكستان . ط 1 سنة : 1417هـ
[19] الهداية للمرغياني / ج 4 / 46 .
[20] المستدر للحاكم كتاب البيوع باب النهي عن السلف في الحيوان (ج2/ ص52)
[21] بداية المجتهد ج 2/ص 192
[22] رواه أبو داود في سننه: 17 كتاب البيوع باب الرخصة في بيع الحيوان بالحيوان
[23] رواه مسلم في صحيحه 22 كتاب المسافة باب من استلف شيئا فقض خيرا منه (1600/118)
[24] الحاوي الكبير للماوردي / ج 5 / ص 400 ـ الإشراف / ج 2 / 669.
[25] بداية المجتهد ج 2/ ص 193
[26] الاستذكار لابن عبد البر ج 31 / كتاب البيوع ص 93
[27] الإشراف على نكت مسائل الخلاف ، عبد الوهاب بنعلي بن نصر البغدادي المالكي (ج 2/ ص 144) ت مشهور بن حسن آل سلمان أبو عبيدة ، ط دار بن القيم ـ دار بن عفان ، ط 1 سنة : 1429هـ / 2008م
[28] الاستذكار لابن عبد البر (ج 21/ ص 48).
[29] التجريد موسوعة القواعد الفقهية المقارنة (التجريد للقدوري) لأحمد بن محمد بن جعفر البغدادي القدوريأبوالحسين ج 5 / ص 2695 . ط1 سنة : 1424هـ / 2004م
[30] تحفة الفقهاء للسمرقندي ج 2/ ص 15 ، ط : دار الكتب العلمية ، ط1 سنة : 1405هـ/1984م
[31] ـ بدائع الصنائع أبو بكر بن مسعود بن أحمد الكاساني الحنفي علاء الدين ، ج /ص2011/210 ، ط المطبعة الجمالية .سنة 1324هـ ـ البناية شرح الهداية ، أبو محمد محمود بن أحمد بن موسى بن أحمد بن حسين الغيتابىالحنفى بدرالدين ج 7 / ص 435 / 436 ، ط دار الكتب العلمية ، ط 1 سنة 1420هـ 2000م
[32] تحفة الفقهاء ج 2 /ص 15
[33] بداية المجتهد لابن رشد ج 2/ ص 200 –مغني المحتاج إلى معرفة معاني ألفاظ المنهاج ، الخطيب الشربيني
[34] ج 2/ ص 110 ط دار الكتب العلمية ، ط 1 سنة 1415هـ / 1994م
[35] المنتقى على الموطأ ، للإمام أبو الوليد سليمان بن خلف الباجي الأندلسي ج 4/ ص 292 ط دار السعادة ط1، سنة 1332هـ – حاشية الدسوقي ج 3 / ص 207 .
[36] الفقه الاسلامي و أدلته الدكتور وهبة الزحيلي(ج 4 ص/ 616 – 617) دار الفكر دمشق ط 2 1405هـ /1985م
[37] المبسوط للسرخاسي ج 12 / ص 122 . ط دار المعرفة بيروت ، ط1 سنة 1409هـ 1989م ــ بدائع الصنائع في ترتيب الشرائع أبو بكر بن مسعود الكاساني الحنفي علاء الدين ، ت علي محمد معوض – عادل أحمد عبد الموجود ج 5 ص 210 . ط دار الكتب العلمية ، ط 2 سنة : 1424هـ 2003م ـ شرح فتح القديرعلى الهداية شرح بداية المبتدي ، محمد بن عبد الواحد السيواسي الاسكندري كمال الدين ابن الهمام – أحمد بن قودر قاضي زاده ـ ت عبد الرزاق غالب المهدي ، ج 5 / ص 332 ، ط دار الكتب العلمية ، ط 1 سنة :1424هـ / 2003م.
[38] المحيط البرهاني لمسائل المبسوط والجامعين والسير والزيادات والنوادر والفتاوى الواقعات مدلله بدلائل المتقدمين ،محمود بن صدر الشريعة ابن مازه البخاري برهان الدين أبو المعالي الحنفي (ج /7/ص 80-81)
[39] المبسوط للإمام السرخسي ج 12 ص 138 – البدائع بدائع الصنائع في ترتيب الشرائع ، أبوبكربن مسعود الكاساني الحنفي ج 5 ص 211 ـ فتح القديرالجامع بين الرواية والدراية من علم التفسير (تفسيرالشوكاني)5/ ص 333 ، ت عبد الرحمن عميرة ــ رد المحتار على الدر المختار ، ابن عابدين، محمد أمين بن عمر بن عبد العزيز عابدين الدمشقي الحنفي (المتوفى: 1252هـ) ت عادل أحمد عبد الموجود – علي محمد معوض ج 4 / ص 213. ط دار عالم الكتب .
[40] تحفة الفقهاء للإمام السمرقندي ج 2/ص 15
[41] تحفة الفقهاء ج 2 ص 15 – 16
[42] المحيط البرهاني في الفقه النعماني (ج 7/ص 80-81)
[43] مطالب أولي النهى في شرح غاية المنتهى ،مصطفى بن سعد بن عبده السيوطي شهرة، الرحيبانى مولدا الدمشقي الحنبلي (المتوفى: 1243هـ)ج 2/ ص 209 ط المكتبة الإسلامية ، ط2 سنة : 1415هـ - 1994م–القونين الفقيه لابن جزي ص 269
[44] المغني لابن قدامة ج 4 ص 276
[45] الميزان عبد الوهاب الشعراني : ج 2/ ص 74 / المغني لابن قدامة ج 4/ ص 277 ، ت عبد الرحمن عميرة ، ط دار عالم الكتب . ط1 سنة :1409هـ / 1989م
[46] المحيط البرهاني في الفقه النعماني (ج 7 ص 82) البدائع ج 5/ص 211 .

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1559-1566
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Innovation Sociale et Entreprise Sociale: Une lecture théorique bilatérale

Wiam LAHMIDI

Doctorante en Sciences Economiques et Gestion,
Laboratoire de recherche : Entrepreneuriat et Développement local,
Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales, Salé, Maroc

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

ABSTRACT: La conception européenne de l'innovation sociale associe l'entreprise sociale au secteur de l'économie sociale. Un secteur considéré d'une part, comme innovateur puisqu'il tente de répondre à des besoins ou des aspirations non satisfaits par le marché ou l'Etat et qui est, d'autre part, incarné par la coopérative, considérée comme idéal-type qui reconnait pleinement la dimension sociale dans ses principes et caractéristiques. La coopérative est dans ce sens, une entreprise sociale qui cherche à offrir des produits et des services, qui répond à des besoins sociaux non ou mal satisfaits, qui adopte des pratiques innovantes au niveau du processus de production des biens et services ou encore au niveau de l'organisation du travail et qui associe les bénéficiaires concernés dans les procédures de consultation et d'élaboration des projets. Elle est par conséquent favorable à porter des projets innovants socialement et en contrepartie est susceptible d'être impactée par ses derniers. Ce disant, il existe une relation transversale entre coopérative et innovation sociale.
Dans cet article, nous proposons d'apporter quelques éléments théoriques de la relation étroite entre innovation sociale et coopérative. Pour ce faire, nous allons nous appuyer sur deux revues de littérature. Une première sur l'innovation sociale conçue d'après les bases de l'analyse schumpétérienne. Une deuxième sur la relation qui lie innovation sociale et coopérative.

KEYWORDS: Innovation sociale, Enterprise sociale, Coopérative, Economie sociale.

1 INTRODUCTION

A l'heure actuelle, il est impossible de nier le lien existant entre innovation sociale et entreprise sociale. A ce niveau, plusieurs travaux se penchent sur la dimension entrepreneuriale de l'innovation sociale et renvoient, de ce fait, à deux principales conceptions de l'innovation sociale.

La première, relevant du registre anglo-saxon, réunit les initiatives privées-publiques, qu'elles soient à but lucratif ou non lucratif, déployant une activité marchande en vue d'une finalité sociale (Defalvard, 2013 *[12]*). La non-lucrativité ne constitue donc pas une condition de l'entreprise sociale selon la vision américaine, elle insiste surtout sur les motivations philanthropiques et les opportunités de marché. Dans ce contexte, l'entrepreneur social en tant qu'agent de changement se distinguant par sa créativité, son dynamisme et son leadership, joue un rôle central en vue de concrétiser des réponses nouvelles à des besoins sociaux (Nyssens, 2015 *[33]*). La personnalisation de l'innovation sociale qui s'exprime à ce niveau, traduit le choix de privilégier l'individu sur l'organisation (Richez-Battesti et al., 2012 *[34]*).

La deuxième, appartenant au registre européen, se base sur le concept de l'entreprise sociale (développée par le réseau EMES). Contrairement à l'approche américaine où la dimension sociale est subordonnée à la dimension économique (Besançon et al, 2013 *[6]*) et où la dimension individuelle et les motivations philanthropiques de l'entrepreneur social dominent, l'innovation sociale selon l'approche européenne, privilégie la forme entrepreneuriale non lucrative ou à lucrativité limitée et met la finalité sociale au centre. Elle privilégie ainsi le processus, collectif et non lucratif au sein des entreprises sociales. La non lucrativité, dans ce sens, est perçue en tant que redistribution limitée qui permet d'éviter un comportement visant à la maximisation du profit (Defourny, 2004 *[13]*).

Dans le cadre de ce travail, nous avons décidé de nous intéresser particulièrement à la conception européenne de

l'innovation sociale qui associe l'entreprise sociale au secteur de l'économie sociale. Un secteur considéré d'une part, comme innovateur puisqu'il tente de répondre à des besoins ou des aspirations non satisfaits par le marché ou l'Etat (Lévesque, 2006 *[27]*) et qui est, d'autre part, incarné par la coopérative, considérée comme idéal-type qui reconnait pleinement la dimension sociale dans ses principes et caractéristiques.

La coopérative est dans ce sens, une entreprise sociale qui cherche à offrir des produits et des services, qui répond à des besoins sociaux non ou mal satisfaits, qui adopte des pratiques innovantes au niveau du processus de production des biens et services ou encore au niveau de l'organisation du travail et qui associe les bénéficiaires concernés dans les procédures de consultation et d'élaboration des projets. Elle est par conséquent favorable à porter des projets innovants socialement et en contrepartie est susceptible d'être impactée par ses derniers. Ce disant, il existe une relation transversale entre coopérative et innovation sociale.

Dans cet article, nous proposons d'apporter quelques éléments théoriques de la relation étroite entre innovation sociale et coopérative.

Pour ce faire, nous allons nous appuyer sur deux revues de littérature. Une première sur l'innovation sociale conçue d'après les bases de l'analyse schumpétérienne. Une deuxième sur la relation qui lie innovation sociale et coopérative qui sera présentée sous deux sens : d'une part : les effets positifs engendrés par l'innovation sociale sur la coopérative. D'autre part, les avantages apportés par la formule coopérative qui font que le projet innovant porté trouve une structure adaptée à le supporter.

2 CADRE CONCEPTUEL DE L'INNOVATION SOCIALE A LA LUMIERE DE LA VISION SCHUMPETERIENNE

La majorité des économistes s'entendent sur l'importance des travaux de Schumpeter et la pertinence de son analyse de l'innovation au point où ses apports restent, jusqu'à nos jours, une référence incontournable.

Schumpeter considère les innovations comme source indispensable à l'alimentation de la croissance. De ce fait, l'économie serait statique si le système ne produisait pas spontanément de nouvelles combinaisons productives ; celles-ci étant dues à l'innovation, c'est à dire au progrès technique). Cependant, progrès technique et innovation technologique n'équivalent pas forcément au progrès social ou au développement social. Ainsi, le mythe d'un progrès continu lié au changement technique est partiellement rompu (Durance, 2011 *[16]*) laissant place à une conception plus sociale de l'innovation.

Cette socialisation de l'innovation témoigne d'un déplacement du regard, de la technologie ou de l'entreprise vers la société (Richez-Battesti et al, 2012 *[34]*), imposé suite à l'incapacité des modèles dominants existants à répondre aux besoins sociaux ressentis.

Dans cette section, on présentera une partie des travaux de Schumpeter et leurs implications possibles pour la compréhension et la conception de l'innovation sociale. On cherchera à relever les analogies existantes entre innovation sociale et vision schumpetérienne de l'innovation sociale, en se focalisant sur les concepts de « destruction créatrice », « Grappes d'innovations », « Innovations radicales et incrémentales », « besoin », « entrepreneur social » et leur usage dans les théories de l'innovation sociale.

2.1 LA DESTRUCTION CREATRICE

Le capitalisme est perçu comme une dynamique composée de mouvements longs, de cycles de croissance et de crises qui se succèdent. Or c'est précisément l'innovation, définie comme un processus de destruction-créatrice, qui constitue le moteur de cette dynamique (Corsani, 2000 *[11]*).

En effet, à un moment défini, une innovation survient et transforme les structures économiques faisant qu'un

système utilise toutes ses ressources. Par conséquent, elles deviennent inférieures à celles produites par un autre système qui émerge et qui va percuter le premier. C'est le sens donné à la notion de destruction créatrice.

Ainsi de nouvelles affaires se créent continuellement, appâtées par le profit. Il se produit une réorganisation complète de l'industrie, avec hausse de la production, concurrence acharnée, disparition des entreprises obsolètes, licenciements éventuels (Schumpeter, 1912 *[35]*).

Dans le monde de la technologie, ce processus de destruction créatrice reviendrait à dire que les nouvelles innovations entrainent l'obsolescence et la réduction de la rentabilité des anciennes innovations, conférant ainsi à leurs détenteurs une situation de monopole et d'importants profits.

Ce disant, il agit sur cinq niveaux principaux, autrement connues sous les catégories d'innovations identifiées par Schumpeter.

Il s'agit de l'innovation de produit qui consiste en l'introduction d'un nouveau produit ou un même produit ayant une qualité meilleure ; de l'innovation de procédé qui réside dans l'apport d'une nouvelle méthode de production ; de l'ouverture d'un nouveau débouché c'est-à-dire la conquête d'un nouveau marché ; de l'approvisionnement à base de nouvelles sources de matières premières et de la mise en place d'une nouvelle forme d'organisation de travail.

C'est à ce stade que l'approche schumpetérienne devient intéressante pour l'analyse de l'innovation sociale puisque la conception de cette dernière se construit autour de ces mêmes catégories révélées par Schumpeter sauf qu'elle y apporte des valeurs plus sociales.

Ainsi quand l'innovation technologique correspondrait à de nouveaux produits, procédés et techniques à finalité technologique, l'innovation sociale relèverait plutôt des nouvelles pratiques sociales, organisationnelles (Fontan, 2008 *[17]*) voire mêmes institutionnelles, à finalité sociale.

Dans ce sens, les innovations sociales peuvent être de type organisationnel lorsqu'elles assurent le renouvellement des processus de production (techniques et moyens qui favorisent l'apprentissage et la créativité), des formes de gestion (cogestion avec les travailleurs), des modes de division et de coordination du travail et de la consommation (participation des usagers dans la définition, la production et le contrôle d'un service) (Bouchard et Michaud, 2015 *[8]*).

Comme elles peuvent être de type institutionnel, résultantes de la destruction du cadre institutionnel antérieur (Schumpeter, 1912 *[35]*), lorsqu'elles concernent des règles (par exemple une loi ou un programme conçu avec la participation des citoyens ou des travailleurs concernés), des normes (comme les nouvelles obligations intériorisées dans la société concernant la récupération et le recyclage), ou des systèmes de connaissance (qui font que les nouvelles règles ou normes apparaissent comme étant désormais « naturelles » à l'ordre social, tel le rôle économique ou la participation démocratique des femmes dans certaines sociétés) (Bouchard et Michaud, 2015 *[8]*).

Cette réflexion entre en résonnance avec l'approche institutionnelle de l'innovation sociale qui conçoit cette dernière comme un outil de modernisation des politiques publiques (Besançon, 2013 *[5]*) et particulièrement des politiques sociales. Pensée en amont, en collaboration avec les acteurs sociaux, elle cherche à compenser les imperfections, errements et pesanteurs de l'action publique classique voire de la remplacer (Besançon et al, 2013 *[6]*).

Ce disant, l'innovation sociale vise à modifier les cadres institutionnelles qui façonnent les rapports dans la société (Bouchard et Michaud, 2015 *[8]*).

2.2 LES GRAPPES D'INNOVATION

D'après Schumpeter, les innovations apparaissent en grappes où une innovation entraine la naissance d'une autre durant des périodes données. Dans cette optique, les innovations radicales donnent naissance à de nouveaux paradigmes et à de nouvelles trajectoires alors que les innovations incrémentales dessinent cette trajectoire ou font évoluer le paradigme (Amendola et Gaffard, 1988 *[1]*).

Les innovations radicales sont, dans ce sens, des événements de grande ampleur, intervenant de façon discontinue (Freeman et Perez, 1988 *[18]*). Alors que les innovations incrémentales constituent un changement continu progressif découlant d'une innovation radicale dans un souci d'amélioration d'une technologie et d'adaptation aux spécificités du marché.

La notion de grappes d'innovations est reprise par Bouchard et al (2015) pour qualifier les innovations sociales organisationnelles (à l'échelle micro) qui en se diffusant, contribuent à un mouvement de transformation sociale (à l'échelle macro). On peut dès lors parler d'une innovation incrémentale.

Cependant, au-delà du changement d'échelle entrainé par cette transformation, les innovations organisationnelles font appel au système institutionnel pour se diffuser dans différents contextes et à travers le temps (Bouchard et Michaud, 2015 *[8]*), il s'agit d'une innovation radicale.

Dans une perspective plus générale, les innovations sociales sont souvent, mais pas toujours, incrémentales (Levesque, 2007 *[28]*) dans le sens où elles sont progressives et n'entrainent pas de révolution immédiate (Besançon, 2013 *[5]*). Elles peuvent, néanmoins, contenir les éléments d'une innovation radicale, lorsqu'elles ont une portée politique de changement et instituent de nouvelles trajectoires d'innovations (Boutillier, 2011 *[9]*).

2.3 LA NOTION DU BESOIN

Le développement économique n'est pas infini, chaque forme tend vers une condition de satiété (Schumpeter, 1983). Ce qui présuppose que les besoins des êtres humains ne sont jamais satisfaits puisque répétitivement, de nouveaux besoins apparaissent ; une tranche de ces besoins trouve une réponse satisfaisante permettant, à leurs porteurs, d'atteindre un sentiment de contentement et laissant place, au même temps, à de nouveaux besoins qui naissent et s'ajoutent à la tranche des besoins non satisfaits.

Assurément, la notion de besoin est importante du fait qu'elle est reprise dans l'analyse de l'innovation sociale. La majorité des définitions portant sur l'innovation sociale la placent dans une perspective de réponse à des besoins sociaux ; concernant la société et les groupes sociaux. A ce niveau, une question s'impose: comment peut-on identifier un besoin social ?

En effet, un besoin social réfère à un besoin fondamental ou prioritaires partagé par tous les individus d'une même société ou communauté. Il renvoie au logement, à la santé, au vêtement, à la nourriture, à l'éducation, à la culture et à la démocratie (Hillier et al., 2004 *[21]*). En d'autres termes, il s'agit d'un besoin qui mène à l'exclusion lorsqu'il n'est pas rempli.

En parlant d'exclusion, on met en perspective des individus qui ne disposent pas de moyens basiques susceptibles de leur permettre de satisfaire leurs besoins sociaux. On met donc en avant la question de l'accès aux ressources nécessaires à la matérialisation des droits, à la satisfaction des besoins humains et à la participation (Hillier et al., 2004 *[21]*). Autrement dit, l'accessibilité ici apparait comme une condition nécessaire pour parvenir à un état de bien-être ou de réponse à un besoin social (besançon, 2013 *[5]*).

Dans ce sens, l'accessibilité pourrait être associée au développement des capabilités des individus au sens de Sen (2000 *[37]*). Deux principaux concepts sont mis en relief par les travaux d'Amartya Sen : les fonctionnements et les capabilités. Les fonctionnements sont ce qu'un individu peut réaliser étant donné les biens qu'il possède (Exemple : se nourrir suffisamment, se déplacer sans entraves, savoir lire et écrire…). La capabilité est tous les fonctionnements potentiels choisis par l'individu qui vont lui permettre de satisfaire ce qu'il attend de sa vie (Bertin, 2005 *[4]*).

Selon Sen (1996 *[36]*) la capabilité d'une personne reflète aux combinaisons alternatives de fonctionnements que cette personne peut réaliser, et parmi lesquelles elle peut en choisir quelques-unes. Une capabilité est donc un vecteur de modes de fonctionnement exprimant la liberté, pour un individu, de choisir entre différentes conditions de vie. (Monnet, 2007 *[30]*)

En effet, le résultat de l'innovation sociale permet le développement des capabilités des individus surtout quand il s'agit d'exclus en difficultés d'insertion sociale et professionnelle qui peinent à se faire une place dans la société.

Par conséquent, elle favorise leur accessibilité aux ressources nécessaires à la satisfaction de leurs besoins permettant ainsi d'accroître la justice et le bien-être. Ce qui rejoint le sens de l'empowerment individuel (un autre point en commun avec le processus de l'innovation sociale) qui correspond à l'appropriation du pouvoir (Ninacs, 2003 *[31]*).

D'une part, face à une offre diversifiée et multiple, on est contraint de penser autrement et d'apporter de nouvelles réponses pour satisfaire la panoplie des demandes qui se manifestent. On peut alors avancer que le besoin constitue le déclic de l'innovation. Par analogie, une innovation sociale[1] se contextualise au regard du besoin auquel elle entend répondre et de l'aspiration sociale qui motive son émergence. D'autre part, la notion de besoin est significative dans le sens où elle met en jeu le rôle central de l'entrepreneur.

2.4 DE L'ENTREPRENEUR SCHUMPETERIEN A L'ENTREPRENEUR SOCIAL

Selon Schumpeter, l'entrepreneur est une force de déséquilibre qui perturbe un équilibre antérieur en innovant. Il rompt le flux circulaire de l'économie, en identifiant les différents besoins qui se traduisent sous forme de demandes, en agissant sur cinq types différents de nouvelles combinaisons des moyens de production c'est-à-dire d'innovations. Il s'agit de l'innovation de produit qui consiste en l'introduction d'un nouveau produit ou un même produit ayant une qualité meilleure, de l'innovation de procédé qui réside dans l'apport d'une nouvelle méthode de production, de l'ouverture d'un nouveau débouché c'est-à-dire la conquête d'un nouveau marché, de l'approvisionnement à base de nouvelles sources de matières premières et de la mise en place d'une nouvelle forme d'organisation de travail.

[1] Définition donnée dans l'institut jean-baptiste Godin

Donc l'entrepreneur est un individu créatif qui dispose des ressources cognitives nécessaires pour penser de nouvelles voies qui lui permettent d'agir face à une situation insatisfaisante et suite à l'émergence de nouvelles demandes pour concevoir de nouvelles combinaisons. Cette conception de l'entrepreneur Schumpetérien inspire la vision de l'entrepreneur social et est, au même temps, complémentée par cette dernière.

D'après Harrisson (2012 *[20]*), l'entrepreneur social est un individu ou un groupe d'individus qui agit afin de donner une réponse satisfaisante à un problème récurrent dans les systèmes, ou qui est en mesure de traiter une nouvelle demande. Il s'agit d'individus qui se positionnent en dehors du système, insatisfaits de certains aspects de sa performance (Hollingsworth, 2000 *[22]*).

L'entrepreneur social associe les qualités d'un entrepreneur classique avec la volonté de répondre à des besoins sociaux (Besançon et al, 2013 *[6]*). L'altruisme et la reconnaissance de l'influence que l'entrepreneur social détient à travers la réalisation de projets d'intérêt général forment ses motivations premières. C'est ce qui le distingue de l'entrepreneur capitaliste (Martin et Osberg 2007 *[29]*).

3 INNOVATION SOCIALE ET ENTREPRISE SOCIALE : UNE RELATION BILATERALE

Dans sa conceptualisation de l'innovation sociale, Cloutier (2013) se focalise sur trois niveaux d'analyse : l'individu, le milieu (le territoire) et l'entreprise.

Dans le cadre de ce travail, nous allons nous intéresser aux innovations sociales au sein des entreprises sociales.

D'après Cloutier (2003), les innovations sociales dans les entreprises sociales visent à développer les structures de production et réfèrent aux nouvelles formes d'organisation du travail. Elle relève 2 principales perspectives d'analyse :

La première, la perspective instrumentale qui pose la réorganisation du travail comme un facteur déterminant de la capacité d'innover. La deuxième perspective, la perspective non instrumentale, considère les nouvelles formes d'organisation du travail comme innovation sociale parce qu'elles permettent d'améliorer la qualité de vie au travail.

3.1 UN BASCULEMENT ENTRE PERSPECTIVE INSTRUMENTALE ET NON INSTRUMENTALE

Dans ce sens, l'innovation sociale correspond à la capacité d'inventer et d'adopter de nouveaux mode d'organisation du travail, à savoir ; de nouvelles modalités de coopération, une nouvelle division du travail ou une modification des structures de pouvoir (Cloutier, 2003 *[10]*).

Elle prend racine au sein des alliances stratégiques formelles et des réseaux de relations informelles d'interdépendance et de transfert d'information. A ce niveau, qui dit alliances et réseaux, dit processus collectif de collaboration autour d'un projet commun. Ce qui sous-entend la présence d'une pluralité de partenaires.

Ceci raisonne particulièrement avec les propos de Kanter (1999 *[23]*) qui selon lui, l'innovation sociale exige un partenariat entre différents acteurs, par exemple : des instances et organismes gouvernementaux, le secteur associatif, les institutions de recherche et les fournisseurs.

Selon cette perspective, la nouvelle organisation du travail apportée est destinée à augmenter les capacités d'innovation et de productivité. Elle est donc une condition primordiale à l'innovation sociale.

A l'encontre de la deuxième perspective où l'innovation sociale poursuit l'objectif d'améliorer la performance des systèmes de production à travers la satisfaction des besoins des individus (Cloutier, 2003 *[10]*).

En d'autres termes, elle privilégie le mieux-être des individus, c'est-à-dire qu'elle vise la satisfaction de leurs besoins ce qui se traduit par un changement positif sur les membres de l'organisation (cohésion du groupe, liens sociaux, empowerment…) et sur l'organisation (amélioration de productivité).

3.2 LA COOPERATIVE : UNE ENTREPRISE SOCIALE PORTEUSE D'INNOVATION SOCIALE

Toute innovation sociale se trouve portée par une organisation innovante. Très souvent, il s'agit d'une entreprise sociale (Leadbeater, 2007 *[25]*).

La coopérative (une entreprise sociale et une entreprise de l'économie sociale) serait particulièrement porteuses d'innovations sociales (Lévesque, 2002 *[26]*) puisque, contrairement aux entreprises capitalistes, elles reconnaissent

explicitement la dimension sociale dans leurs règles, leurs valeurs et leurs pratiques (Vienney, 1980 *[39]*; Demoustier, 2001 *[14]*).

Par ailleurs, nous avons remarqué que la coopérative en tant que structure porteuse d'innovation sociale et que l'innovation sociale en tant que projet de réponse à des besoins sociaux non ou mal satisfaits, représentent des convergences au niveau des pratiques. Cette convergence constitue un facteur favorable à l'innovation sociale.

Dans cette partie, il sera question de mettre l'accent, d'une part, sur la prépondérance de la dimension sociale au sein de la coopérative, et d'autre part, de présenter les différentes pratiques partagées entre coopérative et innovation sociale.

Une dominance établie de la dimension sociale

La coopérative se caractérise par une primauté de la dimension sociale. Cependant, cela n'annule nullement la présence d'une dimension économique.

En effet, la coopérative est une entreprise qui produit des biens et des services. L'activité productrice est donc centrale et est renforcée par la double qualité qui désigne le fait que les bénéficiaires des prestations (usagers) sont également propriétaires de la coopérative, c'est-à-dire qu'ils souscrivent au capital social.

Ce double rôle des membres les incite à s'impliquer directement et de façon continue dans la production des biens ou dans l'offre des services. A cet effet, « les hommes associent leur travail, et non leurs capitaux » (Desroche, 1976 *[15]*).

La coopérative est ainsi un modèle qui met au cœur du développement non pas le capital, mais une relation d'usage conjuguée à un statut de copropriétaire (Lafleur et Merrien, 2012 *[24]*). La priorité est donc donnée au travail et à l'emploi dans la répartition des richesses créées, plutôt qu'au capital et à la distribution des bénéfices. Le rôle du capital s'en retrouve fondamentalement modifié : il devient un moyen et non pas une fin.

En outre, la coopérative s'inscrit dans une perspective de développement socio-économique puisqu'elle vise à améliorer les conditions de vie de ses membres à travers la création des emplois et des richesses.

Le changement est donc considéré comme inhérent à la vie d'une coopérative (Durance, 2011 *[16]*) tout comme le niveau significatif de prise de risque que cela implique.

Par conséquent, les membres doivent être capables d'assumer les risques, d'apprendre des échecs et d'explorer les domaines inconnus (Durance, 2011 *[16]*) faisant preuve d'imagination, de créativité et d'innovation.

Par ailleurs, la dimension sociale renvoie directement à la manière dont l'action est mise en œuvre, comme un processus ascendant, basé sur des principes démocratiques, qui répond à une finalité situé (Besançon et al, 2013 *[6]*).

Cette dimension trouve ses racines principalement dans les liens qu'entretient la coopérative avec son territoire puisque l'identité de la coopérative, la force de cohésion de ses membres, sa culture et son histoire particulières, sont intrinsèquement liées au territoire avec ses spécificités (Arteau et Brassard, 2008 *[2]*). On peut, dès lors avancer que l'inscription territoriale de la coopérative découle directement de sa finalité centrée sur la réponse aux besoins sociaux et de sa dimension collective ascendante.

En effet, plusieurs auteurs s'accordent sur le fait que la coopération survient lorsqu'un facteur externe menace un certain nombre d'individus. Il en a été ainsi avec la coopérative, elle est la résultante de différents maux (Tchami, 2004 *[38]*). La coopérative émerge au sein de contextes très variés dans le but explicite de service à la communauté ou à un groupe spécifique de personnes (Defourny, 2004 *[13]*) qui se sont volontairement réunis pour répondre à un souci d'amélioration (économique, social, culturel, psychologique…).

C'est pour cela que la prise en compte des besoins sociaux est primordiale (Guclu et al., 2002 *[19]*). Souvent, la coopérative correspond à une initiative d'un groupe de citoyens qui appartiennent à une communauté et se partagent un besoin ou un objectif commun bien défini. L'idée donc est de bien observer son environnement et ses caractéristiques pour mieux appréhender les problèmes sociaux confrontés au sein d'un territoire (Slitine et Barthelemy, 2014 *[3]).* De ce fait, l'intérêt porté pour des besoins locaux sociaux permet d'ancrer le projet coopératif dans un territoire défini.

D'autre part, la coopérative correspond à une dynamique collective émanant d'un groupe de citoyens qui se partage un même objectif, qui appartient à une même communauté donc à un même territoire. Cette dynamique est renforcée par un pouvoir décisionnel démocratique qui contrairement aux entreprises classiques n'est pas basé sur la détention du capital mais plutôt sur le principe « un membre, une voix » où chaque membre bénéficie d'une voix quel que soit sa participation au capital.

Aussi, cette dynamique ne s'arrête pas aux membres de la coopérative mais inclue également les différentes parties prenantes concernées par l'activité. Le modèle coopératif est ainsi un modèle doublement hybride (Nyssens, 2006 *[32]*), tant par son mode de gouvernance ; impliquant différentes intervenants dans une gestion participative, que par la diversité de ses pourvoyeurs de ressources (adoptant une approche polanyiste portant sur diverses ressources notamment ; Etat, marché, capital social).

Bien que la coopérative fait appel à différentes formes de ressources qui peuvent dépendre des subsides publics ou d'autres organisations, elle reste contrôlée exclusivement par le groupe de personnes qui l'a créé et est fortement autonome.

4 CONCLUSION

Pour conclure, on peut synthétiser les sources des innovations sociales portées par les coopératives comme suit :

D'un côté, l'existence d'un besoin social non comblé, soit parce que l'entrepreneur commercial n'y trouve pas une source suffisante de rentabilité (échec de marché), soit parce que les pouvoirs publics sont inefficaces à y répondre (défaillance publique) (Bouchard, 2005 *[7]*). Ce besoin émerge souvent au sein d'un territoire porteur de différentes ressources (naturelles, humaines, matérielles…). Une partie de ces ressources va être mobilisée sous forme de coopérative. La coopérative, étant un groupement de personnes venant d'un même milieu, se trouve fortement enracinée dans son territoire et fait preuve d'une grande sensibilité vis-à-vis des besoins de ses membres et d'une forte créativité quant à la réponse à leurs besoins.

D'un autre côté, la quête à la satisfaction des besoins sociaux suggère la présence d'un grand esprit d'imagination des acteurs sociaux. Dans ce sens, l'innovation sociale résulte de la capacité à traduire en activités économiques les spécificités liées au territoire par la dimension citoyenne, associative et participative de la coopérative. Ainsi, de nouvelles manières de faire émergent, différentes de ce que font les acteurs du marché ou des administrations publiques (Bouchard, 2005 *[7]*).

REFERENCES

[1] Amendola, M., & Gaffard, J. L. (1988). *La dynamique économique de l'innovation*.

[2] Arteau, M., & Brassard, M. J. (2008). *Coopératives et développement territorial: quels liens?*. ARUC, Développement territorial et coopération.

[3] Barthélémy, A., & Slitine, R. (2014). *Entrepreneuriat social: innover au service de l'intérêt général*. Vuibert.

[4] Bertin, A. (2005). Quelle perspective pour l'approche par les capacités?. *Revue Tiers Monde*, (2), 385-406.

[5] Besançon, E. (2013). Chapitre III. L'innovation sociale en pratiques solidaires: processus, résultat, impacts et changements. In *L'innovation sociale* (pp. 49-82). L'Harmattan.

[6] Besançon, E., Chochoy, N., & Guyon, T. (2013). *L'innovation sociale: Principes et fondements d'un concept*. Editions L'Harmattan.

[7] Bouchard, M. J. (2005). *De l'expérimentation à l'institutionnalisation positive, l'innovation sociale dans le logement communautaire au Québec* (No. 511). Crises.

[8] Bouchard, M. J., & Michaud, V. (2015). La politique d'achat d'une coopérative de solidarité en environnement. *Revue française de gestion*, (1), 143-158.

[9] Boutillier, S. (2011). " L'écologie dans la pensée économique. In *Colloque international francophone,«Le développement durable: débats et controverses*.

[10] Cloutier, J. (2003). *Qu'est-ce que l'innovation sociale?* (pp. 1-46). Crises.

[11] A. (2000). Production de connaissance et valeur dans le postfordisme. *Multitudes*, (2), 97-110.

[12] Defalvard, H. (2013). L'ESS comme idéal-type d'économie. *Les nouvelles frontières de l'économie sociale et solidaire, actes des XXXIIIes Journées de l'Association d'économie sociale, Cahiers du Cirtes, hors-série*, (3), 69-85.

[13] Defourny, J. (2004). L'émergence du concept d'entreprise sociale. *Reflets et perspectives de la vie économique*, *43*(3), 9-23.

[14] Demoustier, D. (2001). L'économie sociale et solidaire: s' associer pour entreprendre autrement. *Éd. Syros*, 189.

[15] Desroche, H. (1976). Le projet coopératif; son utopie et sa pratique, ses appareils et ses réseaux, ses espérances et ses déconvenues.

[16] Durance, P. (2011). L'innovation sociale, ou les nouvelles voix du changement. *Paris:[sn]*.

[17] Fontan, J. M. (2008). Développement territorial et innovation sociale: l'apport polanyien. *Revue Interventions économiques. Papers in Political Economy*, (38).

[18] Freeman, C., & Perez, C. (1988). Structural crises of adjustment: business cycles. *Technical change and economic theory. Londres: Pinter*.

[19] Guclu, A., Dees, J. G., & Anderson, B. B. (2002). The process of social entrepreneurship: Creating opportunities worthy of serious pursuit. *Center for the advancement of Social Entrepreneurship*, *1*, 1-15.
[20] Harrisson, D. (2012). L'innovation sociale et l'entrepreneur schumpétérien: deux lectures théoriques. *Revue Interventions économiques. Papers in Political Economy*, (45).
[21] Hillier, J., Moulaert, F., & Nussbaumer, J. (2004). Trois essais sur le rôle de l'innovation sociale dans le développement territorial. *Géographie, économie, société*, *6*(2), 129-152.
[22] Hollingsworth, J. R. (2000). Doing institutional analysis: implications for the study of innovations. *Review of international political economy*, *7*(4), 595-644.
[23] Kanter, R. M. (1999). From spare change to real change. The social sector as beta site for business innovation. *Harvard business review*, *77*(3), 122-32.
[24] M., & Merrien, A. M. (2012). Impact socio-économique des coopératives et des mutuelles. *Quand le passé inspire le futur: contribution des coopératives et des mutuelles à un monde meilleur. Sherbrooke, Institut de recherche et d'éducation pour les coopératives et les mutuelles de l'Université de Sherbrooke*.
[25] Leadbeater, C. (2007). Social enterprise and social innovation: Strategies for the next ten years. *A social enterprise think piece for the Cabinet Office of the Third Sector*.
[26] Lévesque, B. (2002). *Les entreprises d'économie sociale, plus porteuses d'innovations sociales que les autres?*. CRISES, Université du Québec à Montréal.
[27] Lévesque, B. (2006). *Le potentiel d'innovation et de transformation de l'économie sociale: quelques éléments de problématique*. CRISES.
[28] Lévesque, B. (2007). Sociologie économique. *Environnement et sciences sociales: les défis de l'interdisciplinarité*, 31.
[29] Martin, R. L., & Osberg, S. (2007). *Social entrepreneurship: The case for definition* (Vol. 5, No. 2, pp. 28-39). Stanford: Stanford social innovation review.
[30] Monnet, É. (2007). Tracés. Revue de Sciences humaines.
[31] Ninacs, W. A. (2003). L'empowerment et l'intervention sociale. *Les journées d'animation*.
[32] Nyssens, M. (2006). Social enterprise. *At the crossroads of market, public policies and civil society*. Routledge.
[33] Nyssens, M. (2015). Nouveau produit ou une nouvelle qualité de produit.
[34] Richez-Battesti, N., Petrella, F., & Vallade, D. (2012). L'innovation sociale, une notion aux usages pluriels: Quels enjeux et défis pour l'analyse?. *Innovations*, (2), 15-36.
[35] Schumpeter, J. A. (1912). 1934. *The theory of economic development*.
[36] Sen A. K. (1996), "Freedom, Capabilities and Public Action: A Response", *Notizie di Politeia*, 12 (43-44), pp. 107-125.
[37] Sen A. K. (2000), *Repenser l'inégalité*, Paris, Seuil.
[38] Tchami, G. (2004). *Manuel sur les coopératives à l'usage des Organisations de Travailleurs*. BIT.
[39] Vienney, C. (1980). *Socio-économie des organisations coopératives*. Coopérative d'information et d'édition mutualiste.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1567-1578
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analyse de la forme des gouvernements postcoloniaux en Afrique : Des républiques ou des monarchies déguisées en républiques ?

[Analysis of the form of postcolonial governments in Africa : Republics or monarchies disguised as Republics ?]

KILWA SIBUMBA Eustache

Relations Internationales, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

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

ABSTRACT: Are postcolonial African States monarchies or republics disguised as monarchies ? That is the question that guides us in this article. We started our analylis from the observation of what has been happening in the African republics since independence : the presidential power that goes from father to son (Republic Democratic of Congo, Togolese Republic, Gabonese Republic) and the extravagant longevity of some African presidents to the presidency (Muammar Gaddafi : 41 years, Omar Bongo : 41 years … Teodoro Obiang Nguema : 38 years …). By observing what is happening in Africa, the postcolonial African States, although bearing the name of republic, are in reality neither republics nor monarchies. The postcolonial African States are not republics because public life escapes citizens who must elect their leaders for specific mandates, who must do the democratic control and who must express freely on the management of public affairs. But the postcolonial African States are not monarchies either because policies are still in competition ; elections are still organised, even if in many cases they do not lead to regime change. In reality, the postcolonial African States are monarchies disguised as republics or republics defrocked. Better, they are monarchical-republics. The possibility of overthrowing the government by elections does not exist, only assassination, rebellion, or armed uprising can contadict the principale of indefinite continuation at the head of the State. Hence the rise of internal armed conflicts in Africa.

KEYWORDS: Dictatorship, Conflict, Election, Heredity, Longevity, Despotism, Constitution, Revision.

RESUME: Les Etats africains postcoloniaux sont-ils des monarchies ou des républiques déguisées en monarchies ? Telle est la question qui nous guide dans cet article. Nous sommes partis de l'observation de certaines pratiques dans quelques républiques africaines depuis les indépendances : la transmission du pouvoir présidentiel qui se passe de père à fils (RDC, Togo, Gabon) et la longévité extravagante de certains présidents africains au pouvoir (Mouammar Kadhafi : 41 ans, Omar Bongo : 41 ans … Teodoro Obiang Nguema : 38 ans ….). A priori, en observant ces pratiques, les Etats africains postcoloniaux, bien que portant le nom de république, ne sont en réalité ni des républiques ni des monarchies. Ils ne sont pas des républiques dans la mesure où la vie publique échappe aux citoyens censés d'élire leurs dirigeants pour des mandats bien déterminés, de mener le contrôle démocratique et de s'exprimer librement sur la gestion des affaires publiques. Mais les Etats africains ne sont pas non plus des monarchies car les politiques sont quand même en concurrence, des élections sont quand même organisées, même si dans beaucoup de cas elles ne conduisent pas au changement de régime. Ce sont des monarchies déguisées en républiques ou des républiques défroquées. Mieux, ce sont des républiques-monarchiques. La possibilité de renverser le gouvernement par la voie des urnes n'existant pratiquement pas, seul l'assassinat, la rébellion ou le soulèvement armé peuvent contredire le principe de la continuation indéfinie au pouvoir. D'où le regain des conflits armés intra-étatiques en Afrique.

MOTS-CLEFS: Dictature, Conflit, Election, Hérédité, Longévité, Despotisme, Constitution, Révision.

Corresponding Author: KILWA SIBUMBA Eustache

1 INTRODUCTION

Généralement, on distingue deux formes de gouvernement : un gouvernement *républicain* et un gouvernement *monarchique*. A ces deux formes, Montesquieu [1] a ajouté une troisième qui est le gouvernement *despotique*, celui où un seul individu, sans loi et sans règle, entraîne tout par sa volonté et ses caprices.

En Afrique, presque tous les Etats sont devenus des républiques après la décolonisation, à l'exception du Lesotho (monarchie constitutionnelle), du Maroc (monarchie constitutionnelle) et du Swaziland (monarchie absolue). Beaucoup d'Etats africains ont rejeté l'ordre précolonial, celui des royaumes et empires. Ils ont rejeté la personnalisation ou l'accaparement durable du pouvoir. L'ordre postcolonial préféré est impersonnel au sens où il n'existe pas de détenteur nominatif permanent de l'autorité (une exception est possible en période de crise).

Mais il ne suffit pas seulement d'être appelé république ou de crier à vive voix « vive la république ! », il faut vivre les valeurs républicaines. Mieux vaudrait respecter les valeurs républicaines.

Cet article intitulé « Analyse de la forme des gouvernements postcoloniaux en Afrique : des républiques ou des monarchies déguisées en républiques ? », nous offre la possibilité d'analyser les pratiques dans les différents Etats africains pendant la période postcoloniale pour ensuite conclure si les gouvernements postcoloniaux africains sont réellement des républiques ou des monarchies déguisées en républiques. A priori, en observant les pratiques postcoloniales en Afrique, l'on est tenté de noter que les gouvernements postcoloniaux en Afrique, bien que portant le nom de république, ne sont en réalité ni des républiques ni des monarchies. Ce serait donc un système hybride que l'Afrique aurait créé.

Cette étude a l'avantage de montrer aux dirigeants africains les conséquences d'un tel système mais aussi de leur montrer quelle forme de gouvernement est susceptible d'amener l'Afrique vers une stabilité et une prospérité durables. Pour y arriver, nous allons en premier lieu nous pencher sur la notion de monarchie. En second lieu, il sera question d'étudier la notion de république. Enfin, il sera question d'analyser si les Etats africains sont des républiques ou des monarchies déguisées en République.

2 LA NOTION DE MONARCHIE

Le concept de « monarchie » a été formé à partir de deux mots grecs : *monos* (seul) et *arkhéin* (commander). De par son étymologie, la monarchie signifie *le fait de commander seul*. Elle est donc « le système de gouvernement dans lequel le pouvoir est exercé par une seule personne, le plus souvent par un roi héréditaire. Elle fait aussi référence à l'Etat, au pays ayant ce type de gouvernement » [2].

Dans les Etats contemporains, la monarchie revêt généralement deux formes : *la monarchie absolue* et *la monarchie constitutionnelle*. *La monarchie absolue* est une forme de gouvernement où les pouvoirs du monarque ne sont pas limités par l'existence d'une constitution ou d'un quelconque texte, la souveraine puissance appartient au monarque sans aucune restriction. Son écueil est le despotisme. Quant à la *monarchie constitutionnelle*, elle est une monarchie dans laquelle les pouvoirs du monarque sont limités par une constitution. Elle peut revêtir deux formes : *monarchie parlementaire*, quand la monarchie est associée à un régime parlementaire et *monarchie représentative*, quand il y a présence d'une assemblée représentative auprès du monarque [3].

Dans les pays musulmans, les régimes monarchiques peuvent prendre les noms de *sultanat* ou d'*émirat*. Le *sultanat* est un système politique similaire à une monarchie : gouvernement où le pouvoir suprême est entre les mains d'un sultan (le chef d'un Etat musulman). Le sultan peut être un monarque absolu ou avec une autorité constitutionnellement limitée. Et l'*Emirat* est lui aussi similaire à une monarchie. Le pouvoir est ici entre les mains d'un Emir (le dirigeant d'un Etat musulman) ; l'Emir peut être un monarque absolu ou avec une autorité constitutionnellement limitée [4].

3 LA NOTION DE REPUBLIQUE

La *république* est opposée à la monarchie où le pouvoir est héréditaire. Elle désigne donc une forme de gouvernement dans laquelle les gouvernants sont désignés par l'élection du peuple pour des mandats bien déterminés.

On a souvent tendance à associer la notion de *république* à celle de *démocratie*. Ces deux notions ont pourtant des significations différentes, même si au sens étymologique elles ont à peu près le même sens. La *démocratie* vient de deux mots grecs, *Démo*s (le peuple) et *Kratia* (gouverner). Elle est un système de gouvernement dans lequel les opinions et les intérêts de la population sont représentés et mis en valeur au moyen d'élections libres et équitables, opposant de multiples candidats aux

postes de gouvernance dans les institutions politiques [5]. Les éléments clés des Etats organisés sur le principe démocratique sont notamment les libertés fondamentales et les droits fondamentaux, les élections, l'Etat de droit, la séparation des pouvoirs, le parlement, le pluralisme démocratique, la reconnaissance des droits de l'opposition, la reconnaissance de l'opinion publique, la liberté des médias [6], ... Quant à la notion de *république*, elle vient de « res publica », qui veut dire « le bien public ou la chose publique ». Les affaires de la cité, l'organisation de la vie en société doivent être du ressort de chaque citoyen. C'est l'affaire de tous.

Dans leur sens étymologique, on retrouve donc une similitude entre la notion de démocratie et celle de république. Dans la république, tout à chacun se trouve dépositaire de l'organisation de la vie sociale et publique. On retrouve l'idée d'une gestion par tous les citoyens des « affaires de la cité ». Et dans la démocratie, le peuple est tenu de participer aux affaires de la cité de façon directe ou par l'intermédiaire des représentants qu'il élit.

Cependant, si les deux termes sont proches, ils ne sont pas forcément identiques. Ainsi, une république n'est pas toujours une démocratie. Aujourd'hui, le régime chinois a pour nom « République populaire de Chine » mais ce régime est souvent qualifié de régime dictatorial : on lui reproche souvent la limitation des libertés et l'autoritarisme du pouvoir politique. Le président chinois est désigné par le Parti Communiste. Il existe bien des élections en Chine, mais c'est pour désigner un parlement de près de 3 000 députés, qui ne se réunit qu'une seule fois dans l'année et n'a aucun pouvoir. A l'inverse, une démocratie n'est pas obligatoirement une république. Le Royaume Uni est une monarchie mais la reine ne possède qu'un pouvoir honorifique, c'est le Premier ministre britannique qui gouverne avec un Parlement élu au suffrage universel direct. Bien qu'étant une monarchie, le Royaume Uni est une démocratie. Par conséquent, si démocratie et république ont des sens étymologiques proches, ils recouvrent souvent une réalité différente.

Après avoir étudié les notions de république et de monarchie, nous pouvons à présent chercher à comprendre si les Etats africains postcoloniaux sont des républiques ou des monarchies déguisées en républiques.

4 LES ETATS AFRICAINS: DES REPUBLIQUES OU DES MONARCHIES DEGUISEES EN REPUBLIQUE ?

Contrairement à la période précoloniale qui était une période des empires et royaumes en Afrique, la période postcoloniale a auguré l'ère des républiques. A l'exception du Lesotho (royaume du Lesotho), du Swaziland (Royaume du Swaziland) et du Maroc (Royaume du Maroc), tous les Etats en Afrique portent le nom de république.

Mais en analysant certaines réalités qui caractérisent les Etats africains, l'on se demande si les Etats africains sont des républiques ou des monarchies déguisées en républiques. Ces réalités sont notamment la transmission du pouvoir présidentiel qui se passe de père à fils et la longévité de certains chefs d'Etat au pouvoir.

4.1 LA TRANSMISSION DU POUVOIR PRESIDENTIEL DE PERE A FILS

Ils sont nombreux les Etats en Afrique où le pouvoir s'est transmis de père à fils. Citons à titre d'exemple le Gabon, le Togo et la République Démocratique du Congo.

4.1.1 LE GABON

La dynastie Bongo totalise un demi-siècle à la tête du pays. Elle est au pouvoir depuis 1967, année au cours de laquelle le président Albert-Bernard Bongo (El Hadj Omar Bongo) est devenu président de la République. Avant de devenir président, Albert-Bernard Bongo a d'abord occupé des grandes responsabilités : Chef de Cabinet du président de la République en octobre 1962, ministre de l'Information, ministre de la Défense nationale puis en septembre 1965, ministre délégué à la présidence de la République. Un an plus tard, un nouvel échelon est franchi avec son accession au poste de vice-président, titre assorti des portefeuilles de la Coordination, de la Défense, du Plan, de l'Information et du Tourisme. Lorsque le sortant Léon Mba présente en mars 1967 sa candidature, il devient naturellement son colistier [7].

Après 41 ans de règne d'El Hadj Omar Bongo, le fils de ce dernier, Ali Bongo, est élu président de la République Gabonaise en 2009 à marche forcée, avec la bénédiction de son père El Hadj Omar Bongo en fin de règne et le soutien des apparatchiks du Parti démocratique Gabonais (PDG). Ajoutons à cela le soutien des réseaux extérieurs [8]. Samedi 24 septembre 2016, la Cour Constitutionnelle gabonaise validait la réélection du président Ali Bongo. Ce dernier a été investi le 27 septembre 2016 pour un second mandat de sept ans. Etant donné que le nombre de mandat présidentiel est constitutionnellement illimité au

Gabon et en analysant les contextes dans lesquels les élections présidentielles sont organisées en Afrique[1] [9], nous sommes prêt à parier que la dynastie Bongo a encore beaucoup d'années de règne au Gabon. Ne sommes-nous pas là en présence d'une monarchie dans la république qui ne dit pas son nom ?

4.1.2 LE TOGO

Au mois d'avril 2017, la dynastie Eyadema a totalisé 50 ans de règne à la tête du Togo. Celle-ci s'est installée au pouvoir au Togo à partir de l'année 1967 avec Etienne Gnassingbé Eyadema. Ce dernier, après une décennie passée sous les drapeaux français, avait posé son paquetage de soldat en 1962, deux ans après l'indépendance de l'ancien Togoland allemand (confié à la France en 1922). Le jeune tirailleur est rentré au pays fort du métier des armes, appris dans les campagnes d'Indochine ou d'Algérie. En 1967, le Lieutenant-Colonel Etienne Gnassingbé Eyadema est Chef d'état-major. Il ne fait qu'une bouchée de Nicolas Grunitzky, qu'il a contribué à installer temporairement dans le fauteuil présidentiel arraché quelques années plus tôt à Sylvanus Olympio [10].

A la manière d'un monarque absolu, Gnassingbé Eyadema renverra son improbable succession à Dieu qui « choisira la personne appropriée pour le remplacer comme dirigeant lorsqu'il ne sera plus là » [11]. Et la personne appropriée était sans doute son fils Faure Essonizam Gnassingbé qu'il a commencé à préparer quelques années avant sa mort. En 2003, tandis que des indiscrétions en provenance d'Italie rendaient publique la maladie de Gnassingbé Eyadema, ce dernier préparait en quelque sorte son testament, confiant le portefeuille des Mines, de l'Equipement et des Télécommunications à son fils Faure Essonizam Gnassingbé, le 29 juillet 2003 [12].

Diplômé de grandes écoles de commerce et de gestion américaines et françaises, trésorier payeur du Rassemblement du peuple togolais (RPT), Faure était de notoriété publique le successeur désigné d'Eyadema. L'opposition neutralisée, les piliers civils du régime écartés, l'armée purgée de ses récalcitrants, la dynastie Gnassingbé a réussi à garder le pouvoir au Togo après le régime despote de Gnassingbé Eyadema en 2005. Son fils Faure Eyadema est président du Togo depuis 2005 jusqu'à ces jours. D'abord président par intérim à la mort de son père, il est ensuite élu trois fois de suite les 24 avril 2005, 4 mars 2010 et 25 avril 2015.

4.1.3 LA REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

La famille Kabila est à la tête de la République Démocratique du Congo (RDC) depuis le 17 mai 1997, date à laquelle Laurent-Désiré Kabila s'est autoproclamé président de la République. En effet, après avoir passé plusieurs années dans le maquis dans les montagnes de l'Est du Zaïre, Laurent-Désiré Kabila et ses compagnons de lutte créent en septembre 1996 l'Alliance des forces démocratiques pour la libération du Zaïre (AFDL) avec comme objectif de chasser le président Mobutu du pouvoir. Appuyé par les armées étrangères à l'instar de l'armée rwandaise et ougandaise, l'AFDL réussi à chasser le président Mobutu du pouvoir et le 17 mai 1997 Laurent-Désiré Kabila s'autoproclame président de la République. Prétendant n'avoir jamais été Zaïrois, il effaça toute référence à cette dénomination créée par son prédécesseur Mobutu : le nom du pays change pour devenir République Démocratique du Congo, le fleuve Zaïre est à nouveau rebaptisé fleuve Congo, le Franc Congolais se substitue au Nouveau Zaïre, l'hymne national devient le Débout Congolais, etc.

[1] Les élections présidentielles en Afrique sont souvent entachées d'accusations des fraudes et débouchent rarement sur l'alternance. Les fraudes se passent avant et pendant l'organisation des élections. Avant, le fraudeur dissimule ses intentions dans les opérations de recensement général de la population en procédant au rétrécissement du fief électoral de l'adversaire (charcutage électoral). Le fraudeur dissimule aussi ses intentions dans la loi électorale. Par exemple, on peut durcir les conditions d'éligibilité ou de vote dans le but d'exclure tout ou partie des adversaires ou de l'électorat. Lors de l'organisation des élections, on relève une composition partisane de la commission électorale et du corps électoral qui demeure en faveur du pouvoir en place. Les citoyens identifiés comme faisant partie des partisans de l'opposition ne sont pas toujours inscrits sur les listes électorales ou encore, ils sont détournés de leurs lieux de résidence habituelle dans le but de les décourager d'aller voter. La technique majeure de fraude consiste à falsifier les données électorales réelles pour rendre possible le résultat voulu. Cela passe par l'attribution indue des suffrages, la création de doublons ou des électeurs fictifs (ne remplissant pas les conditions de vote en raison de leur mort ou d leur minorité). Bref, la logique qui guide les élections présidentielles en Afrique est que les présidents en exercice n'organisent pas les élections pour les perdre. Ils doivent les gagner inéluctablement. Les cas des élections présidentielles organisées et perdues par les présidents en exercice (Sénégal, Nigéria, Gambie,…) sont rares et sortent de l'ordinaire dans le contexte africain.

Après avoir pris le pouvoir le 17 mai 1997, Laurent-Désiré Kabila dut faire face à de nombreux obstacles pour gouverner le pays. En coulisse, de nombreux groupes tentaient de s'accaparer des parcelles de pouvoir, notamment les débiteurs étrangers, désireux de garder leur influence. Par ailleurs, la présence ostensible des Rwandais sur le sol congolais irrita les Congolais, qui commençaient à voir Laurent-Désiré Kabila comme le jouet des puissances étrangères. Ce qui l'a contraint à prendre des décisions importantes contre ses alliés d'hier. A partir de 1998, il tente de réduire l'influence politique du Rwanda et de l'Ouganda dans son gouvernement, malgré la faiblesse de la légitimité et de l'autorité de l'Etat congolais dans le reste du territoire national [13]. En juillet 1998, il limoge ses ministres d'origine tutsi, les remplace par des congolais et décrète l'expulsion des troupes rwandaises stationnées en RDC depuis 1997 [14]. Les relations avec ses anciens alliés, le Rwanda, l'Ouganda et le Burundi, se rompent alors définitivement. Pour ses anciens alliés, Laurent-Désiré Kabila avait fait montre une dose d'ingratitude à leur encontre.

Le 2 août 1998, Sylvain Buki, le commandant du 10ème bataillon de l'armée congolaise basée à Goma, lance le premier un appel à l'insurrection. La radio diffuse pendant plusieurs heures son communiqué rendu en ces termes : « *Les provinces du Nord et du Sud-Kivu sont entrées dans une rébellion ouverte contre le Gouvernement de Laurent-Désiré Kabila. Nous, l'armée de la République Démocratique du Congo, avons pris la décision de démettre du pouvoir le président Laurent-Désiré Kabila* » [15]. Une nouvelle rébellion, soutenue par le Rwanda, l'Ouganda et le Burundi éclate en RDC, cette fois dressée contre Laurent-Désiré Kabila qu'ils avaient porté au pouvoir en mai 1997. La RDC était à nouveau dans une guerre civile, la deuxième, après celle de l'AFDL.

Alors qu'il est déstabilisé par les mouvements rebelles, Laurent-Désiré Kabila, affectueusement appelé par les congolais « M'Zée » (le vieux, le sage), est assassiné le 16 janvier 2001 au Palais de marbre à Kinshasa. A cette époque-là, la RDC n'a pas de Constitution. Elle est simplement régie par le Décret 003 du 27 mai 1997 composé de treize articles. Dans ce texte, rien n'est prévu en cas de disparition du Chef de l'Etat. Ce qui n'a pas facilité les autorités congolaises à combler le vide à la tête de l'Etat. Il se posa ainsi en RDC le problème de succession de Laurent-Désiré Kabila. Aux premières loges, les fidèles de Laurent-Désiré Kabila : Gaétan Kakudji, ministre de l'Intérieur ; Jeannot Mwenze Kongolo, ministre de la Justice ; Pierre-Victor Mpoyo, ministre du Pétrole ; Abdoulaye Yerodia Ndombasi, ancien ministre des Affaires étrangères, … Les militaires sont également mobilisés : le Général Sylvestre Lwetcha, Chef d'état-major interarmées ; le Général Francois Olenga ; le Général Faustin Munene, de la force aérienne … Au moins trois réunions se tiennent ce 16 janvier 2001 : une réunion avec les alliés Zimbabwéens, Namibiens et Angolais a lieu juste après l'assassinat ; une autre qui rassemble les membres du gouvernement ; une troisième qui regroupe Mwenze Kongolo, Gaétan Kakudji et l'ancien ministre des Transports et Communication Henri Mova Sakanyi. Au cœur des conciliabules : la succession de Laurent-Désiré Kabila. Finalement, le consensus se fait autour d'un nom : Joseph Kabila, chef d'état-major de la force terrestre, fils de Laurent-Désiré Kabila. Et c'est Mwenze Kongolo, ministre de la Justice et fidèle compagnon de lutte de Laurent-Désiré Kabila, qui aurait sorti le nom de Joseph Kabila du chapeau [16].

Joseph Kabila succéda ainsi en janvier 2001 à son père Laurent-Désiré Kabila. D'abord président de transition, il est élu président de la République à l'élection présidentielle de 2006, puis réélu en 2011. Il demeure à ces jours président de la RDC en attendant que l'élection présidentielle soit organisée et à laquelle il ne pourrait pas se représenter[2] [17].

Dans certains Etats africains, les projets de transmission du pouvoir présidentiel de père à fils n'ont pas réussi. C'est le cas notamment du Sénégal où l'on soupçonnait l'ancien président Abdoulaye Wade de préparer son fils Karim Wade à le succéder à la tête de la République, de la Libye où le guide Mouammar Kadhafi était soupçonné de préparer son fils Seif el-Islam Kadhafi à le succéder à la tête du pays, de l'Egypte où l'on soupçonnait l'ancien président Hosni Moubarak de préparer son fils Gamal Moubarak à le succéder au sommet de l'Etat, etc.

Notons par ailleurs qu'aucune constitution au monde n'interdit aux fils de succéder à leurs pères à la tête des Républiques. Cependant, nous estimons avec Soudan François [18] qu'ils devront passer le test d'une élection transparente et pour cela se montrer exemplaires, acquérir une légitimité autre que filiale, s'imposer par leur travail plutôt que par leur naissance et faire en sorte que les avantages dont ils ont joui ne se transforment pas en autant de handicaps. Les critères sont, on le voit, particulièrement exigeants. C'est toute la différence entre une république et une monarchie. Outre la transmission du pouvoir

[2] L'article 70 de la Constitution de la RDC stipule que « le Président de la République est élu au suffrage universel direct pour un mandat de cinq ans renouvelable une seule fois ». Le même article stipule aussi qu'« à la fin de son mandat, le Président de la République reste en fonction jusqu'à l'installation effective du nouveau Président élu ».

présidentiel qui se passe de père à fils dans certains Etats africains, relevons aussi la longévité extravagante des présidents africains.

4.2 LA LONGEVITE DES PRESIDENTS AFRICAINS

L'une des valeurs importantes d'une république est *l'élection des dirigeants par le peuple pour des mandats bien déterminés*. Mais en Afrique, la limitation des mandats présidentiels fait débat. Pendant la période bipolaire, le contexte international le permettant, les constitutions africaines ont été conçues pour conforter la position des présidents africains et non leur imposer des bornes. Mais à partir de l'année 1990, à la suite du discours de La Baule, les clauses limitatives du nombre de mandats présidentiels, marginales dans les premières constitutions africaines, sont devenues la pierre angulaire des Chartes constitutionnelles. Les dirigeants africains, affaiblis par la vague de la démocratisation qui a soufflé en Afrique à la fin de la bipolarité, ont été contraints d'accepter l'introduction des clauses limitatives du nombre des mandats présidentiels. Mais ces mêmes présidents ont remis en cause les clauses limitatives dès que le rapport de force a, à nouveau, tourné en leur faveur au début des années 2000. C'est le manque de limitation du nombre de mandats présidentiels qui justifie la longévité de certains présidents africains.

En Afrique, ils sont nombreux les présidents qui ont déjà passé 20 et plus au pouvoir. Dans les lignes qui suivent, nous allons dans le premier tableau étaler les anciens présidents africains ayant passé 20 et plus au pouvoir. Et dans le second tableau, nous allons présenter les présidents encore en exercice ayant déjà totalisé 20 ans et plus de règne.

Tableau 1. Anciens présidents africains ayant passé 20 ans et plus au pouvoir.

N°	Pays	Noms des Présidents	Date et circonstance d'accession à la présidence	Date et circonstance de fin de la présidence	Durée de la présidence
1	Libye	Mouammar Kadhafi	Officier des forces armées libyennes, Mouammar Kadhafi est arrivé au pouvoir à la suite d'un coup d'Etat organisé le 1er septembre 1969 et qui a renversé la monarchie d'Idris Ier, le roi de Libye.	La Libye de Mouammar Kadhafi n'a pas été épargnée par le printemps arabe qui a commencé en décembre 2010 en Tunisie. En Libye, cette contestation populaire a commencé à partir de février 2011. Et suite à la répression du pouvoir du Colonel Kadhafi, elle s'est transformée en insurrection armée, puis en guerre civile. Aidés par les forces de l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord (OTAN), les rebelles vont réussir à arriver au bout du Colonel Kadhafi. Ce dernier est capturé, lynché et tué dans les environs de la ville de Syrte le 20 octobre 2011.	1er Oct. 1969 – 20 Oct. 2011 : 41 ans, 11 mois et 22 jours.
2	Gabon	Omar Bongo Ondimba	Devenu le colistier du président Léon Mba à partir de mars 1967, Omar Bongo accède à la présidence de la République gabonaise le 2 décembre 1967, à la mort de Léon Mba.	Omar Bongo est mort président du Gabon en 2009 de suite d'une maladie. Il serait mort le 7 mai 2009. Mais sa mort a été officiellement confirmée le 8 juin 2009.	2 déc. 1967 – 8 juin 2009 : 41 ans, 6 mois et 6 jours.
3	Angola	José Eduardo dos Santos	Cet ancien ingénieur du pétrole et militant contre les colons portugais est parvenu à se hisser au sommet de l'Angola par désignation après la mort d'Agostino Neto, le 10 septembre 1979.	Après avoir passé 37 ans et 6 mois à la tête de l'Angola, dos Santos déclarait officiellement en février 2017 qu'il ne se représentera pas à l'élection présidentielle du 23 août 2017 et que João Lourenço, ministre de la Défense, était le candidat du MPLA (Mouvement populaire de libération de l'Angola) à cette élection. A la suite de l'élection présidentielle, dos Santos a cédé sa place le 26 septembre 2017 au nouveau président élu João Lourenço.	10 sept. 1979 – 26 fév. 2017 : 38 ans et 16 jours.
4	Togo	Gnassingbé Eyadema	Gnassingbé Eyadema est devenu officiellement président du Togo le 15 avril 1967 après avoir renversé au mois de janvier 1967 par un coup d'Etat Nicolas Grunitzky, second président du Togo indépendant.	Gnassingbé Eyadema est mort président du Togo le 5 février 2005, victime d'une crise cardiaque.	15 janv. 1967 – 5 février 2005 : 37 ans, 9 mois et 21 jours

5	Zaïre	Mobutu Sese Seko	Après avoir été Secrétaire d'Etat du gouvernement Lumumba et Chef d'état-major, Mobutu Sese Seko, né Joseph-Désiré Mobutu, devient président de l'ancien Congo Belge le 24 novembre 1965 suite à un coup d'Etat mené contre Joseph Kasa-Vubu, premier président de la RDC.	Mobutu Sese Seko a été chassé du pouvoir par les forces de l'AFDL coordonnée par Laurent-Désiré Kabila. L'AFDL entre à Kinshasa le 17 mai 1997, entraînant la chute définitive du pouvoir de Mobutu et sa fuite vers le Maroc où il meurt le 7 septembre 1997 de suite d'un cancer de la prostate.	24 nov. 1965 – 17 mai 1997 : 31 ans, 5 mois et 22 jours.
6	Zimbabwe	Robert Mugabe	Considéré comme l'un des pères de l'indépendance du Zimbabwe, Robert Mugabe est devenu président de la République du Zimbabwe depuis le 31 décembre 1987, après avoir été Premier ministre du premier président du Zimbabwe Canaan Banana de 1980 à 1987. Il a succédé Canaan Sodindo Banana, premier président de l'Etat du Zimbabwe.	A la suite de ses 93 ans d'âge de Robert Mugabe, la question de sa succession était devenue un enjeu important au Zimbabwe. Ayant souhaité voir son épouse Grace Mugabe lui succéder à la tête du Zimbabwe, Robert Mugabe n'a pas hésité à écarter du parti ZANU-PF (Zimbabwe African National Union – Patriotic Front) et du gouvernement zimbabwéen les rivaux potentiels de Grace Mugabe, y compris ses anciens compagnons de lutte pour l'indépendance, à l'instar du vice-président du Zimbabwe Emmerson Mnangagwa. Le limogeage de ce dernier le 06 novembre 2017 ayant pour objectif de conforter la première dame, déplut aux cadres du parti ZANU-PF et à l'armée zimbabwéenne au sein de laquelle Emmerson Mnangagwa a une influence considérable. Robert Mugabe sera finalement poussé à la démission le 21 novembre 2017, après avoir été destitué de sa fonction de présidence de ZANU-PF et exclu de ce parti politique qui l'a soutenu pendant plusieurs années.	31 décembre 1987 – 21 novembre 2017 29 ans, 10 mois et 21 jours.
7	Egypte	Hosni Moubarak	Vice-président de la République arabe d'Egypte au moment de l'assassinat d'Anouar el-Sadate le 6 octobre 1981, il lui succède le 14 octobre 1981, après la tenue d'une élection présidentielle anticipée.	Les manifestations hostiles au pouvoir d'Hosni Moubarak et qui ont réussi à le chasser du pouvoir commencent à partir du 25 janvier 2011. Elles se déroulent peu après la révolution tunisienne, dont la réussite fait tomber *le mur de la peur*. Les différentes concessions faites par Hosni Moubarak n'ont pas réussi à dissuader les manifestants ; ces derniers projetant de marcher sur la présidence de la République. Hosni Moubarak quitte le pouvoir le 11 février 2011 à la suite d'une démission contrainte.	14 oct. 1981 – 11 fév. 2011 : 29 ans, 3 mois et 28 jours.
8	Burkina Faso	Blaise Compaoré	Blaise Compaoré a pris les rênes du pouvoir le 15 octobre 1987 après un coup d'Etat organisé le 15 septembre 1987 contre le père de la révolution burkinabè Thomas Sankara, son allié.	C'est le peuple qui a eu raison de Blaise Compaoré. En effet, le 30 octobre 2014, Blaise Compaoré fait face à un soulèvement populaire contre son projet de modification de l'article 37 de la loi fondamentale limitant le nombre de mandats présidentiels, afin de se représenter en 2015. A la suite de ce soulèvement, il va démissionner le 31 octobre 2014 et se rendre en Côte d'Ivoire où il a changé la nationalité pour devenir ivoirien.	15 oct. 1987 – 31 oct. 2014 : 27 ans et 16 jours.
9	Tunisie	Ben Ali	Après avoir été ministre de l'intérieur et Premier ministre du président Habib Bourguiba, Ben Ali finit par devenir président de la Tunisie le 7 novembre 1987 après avoir déposé Habib Bourguiba.	A la suite de l'immolation par le feu de Mohamed Bouazizi, jeune marchand de rue protestant ainsi contre la saisie de sa marchandise par les autorités, le 17 décembre 2010, le régime de Bel Ali est fortement contesté. C'est le début du printemps arabe. Les contestations ne cessant pas, Ben Ali est obligé de quitter la Tunisie le 14 janvier 2011 pour l'Arabie Saoudite. Le Premier ministre, Mohamed Ghannouchi, se proclame président par intérim en vertu de l'article 56 de la Constitution tunisienne qui prévoit qu'*en cas d'empêchement provisoire, le président de la République peut déléguer par décret ses attributions au Premier ministre à l'exclusion du pouvoir de dissolution de la Chambre des députés*.	7 nov. 1987 – 14 jan. 2011 : 23 ans, 2 mois et 7 jours.

10	Gambie	Yahya Jammeh	Yahya Jammeh a accédé au pouvoir en Gambie après un coup d'Etat mené le 22 juillet 1994 contre Dawda Jawara. D'abord président du Conseil provisoire des Forces armées qui dirigeait le pays après le coup d'Etat de juillet 1994, Yahya Jammeh est élu président de la République de Gambie à partir du mois d'octobre 1996.	Après avoir passé quatre mandats de cinq ans à la tête de la Gambie, Yahya Jammeh a été battu par son opposant Adama Barrow à l'élection présidentielle du 1er décembre 2016. Et le lendemain, il reconnaissait sa défaite. Mais un revirement inattendu est arrivé une semaine après, Yahya Jammeh contestait sa défaite qu'il avait reconnu et dénoncait une erreur dans le comptage des voix par la Commission électorale indépendante. Critiqué par la communauté internationale et sous les menaces des forces de la CEDEAO d'intervenir militairement en Gambie afin de l'obliger à céder le pouvoir au président élu Adama Barrow, Yahya Jammeh accepte de quitter le pouvoir le 20 janvier 2017. Il part en exil le lendemain pour Conakry avant de rejoindre la Guinée Equatoriale.	22 juillet 1994 – 21 jan. 2017 22 ans, 5 mois et 30 jours.

Outre la longévité extravagante de ces présidents africains, intéressons-nous aussi à leur mode d'accession au pouvoir et aux circonstances de la fin de leurs règnes. Sur les dix présidents que nous avons présentés dans le tableau ci-haut, six présidents ont accédé au pouvoir à la faveur d'un coup d'Etat. Il s'agit notamment de Yahya Jammeh, Ben Ali, Blaise Compaoré, Mobutu Sese Seko, Gnassingbé Eyadema et Mouammar Kadhafi. Aussi, six de ces présidents ont été contraints à quitter le pouvoir ; il s'agit de Mouammar Kadhafi, Ben Ali, Hosni Moubarak, Blaise Compaoré et Robert Mugabe. Ajoutons à cette rubrique l'ancien président Yahya Jammeh, qui a été contraint par les forces de la CEDEAO (Communauté Economique des Etats d'Afrique de l'Ouest) à quitter le pouvoir après avoir refusé d'admettre sa défaite à l'élection présidentielle, la défaite qu'il avait acceptée le lendemain de la promulgation des résultats de l'élection présidentielle. Quant à Gnassingbé Eyadema et Omar Bongo, ils sont morts présidents de la République. Seul José Eduardo dos Santos a accepté de quitter volontairement le fauteuil présidentiel après l'avoir occupé pendant 37 ans.

La longévité des présidents africains concerne aussi ceux qui sont encore en exercice. Voyons-les dans le tableau suivant.

Tableau 2. Les présidents africains en exercice ayant passés 20 ans et plus au pouvoir

N°	Pays	Nom des Présidents	Date et circonstance d'accession à la présidence	Durée de la présidence
1	Guinée Equatoriale	Teodoro Obiang Nguema Mbasogo	Teodoro Obiang Nguema Mbasogo a pris les rênes de la Guinée Equatoriale le 3 août 1979 après avoir mené un coup d'Etat contre son oncle Francisco Macia Nguema Biyogo. Ce dernier s'était proclamait en 1972 président à vie, premier ministre, ministre de la justice et ministre des finances et ses onze ans de dictature sont souvent comparés à la présidence d'Idi Amin Dada en Ouganda. Teodoro Obiang Nguema a été réélu en 2016 pour un cinquième mandat à la tête de la Guinée Equatoriale et il ne semble pas prêt à céder le pouvoir.	3 août 1979 - ……. 38 ans
2	Cameroun	Paul Biya	D'abord Premier ministre du président Ahmadou Ahidjo, Paul Biya devient président du Cameroun le 6 novembre 1982 après la démission d'Ahidjo annoncée le 4 novembre. Ayant 84 ans d'âge et grâce à la levée de la limitation des mandats présidentiels en 2008, Paul Biya semble se diriger vers une présidence à vie.	6 novembre 1982 - …….. 35 ans
3	Congo	Denis Sassou Nguesso	Après avoir été président du Congo de 1979 à 1992, Denis Sassou Nguesso redevient président le 25 octobre 1997 à la suite de sa victoire armée contre les forces de Pascal Lissouba. Après avoir consommé deux mandats, il organise en 2015 une série de consultations avec des personnalités politiques du pays afin d'examiner une possibilité de modification de la Constitution de 2002 en vue se représenter à un troisième mandat (la Constitution de 2002 limitait le nombre de mandats présidentiels à deux et l'âge pour se présenter à la présidence de la République à 70 ans). Malgré les critiques de l'opposition, la nouvelle Constitution est adoptée par référendum le 25 octobre 2015. Elle est entrée en vigueur le 6 novembre 2015, après sa promulgation par le président congolais. Celle-ci a fait tomber toutes les barrières au troisième mandat de Denis Sassou Nguesso, ce qui l'a permis de se représenter et d'être réélu le 20 mars 2016 dès le premier tour de l'élection présidentielle.	• 8 février 1979 – 31 août 1992 : 13 ans. • 25 octobre 1997 - … : 20 ans *Total nombre d'années à la présidence* : 33 ans.
4	Ouganda	Yoweri Museveni	Après avoir mis sur pied le National Resistance Army, Yoweri Museveni réussit à chasser le président Milton Obote du pouvoir au mois de janvier 1986 et devient ainsi président de la République d'Ouganda. En 2005, il a fait adopter au Parlement ougandais une modification de la	26 janvier 1986 - …….. : 32 ans

			Constitution pouvant lui permettre de briguer un troisième mandat. A ces jours, après 32 ans et 5 mandats à la tête du pays, et étant âgé de 73 ans, Yoweri Museveni a réussi à faire adopter en décembre 2017 une modification de la Constitution ougandaise supprimant la limite d'âge pour briguer à la présidence du pays ; l'âge maximum ayant été de 75 ans. Ce qui lui permettra de briguer un sixième mandat en 2021. A l'instar de Paul Biya, lui aussi semble se diriger vers une présidence à vie.	
5	Soudan	Omar el-Béchir	Omar el-Béchir a organisé un coup d'Etat militaire le 30 juin 1989 qui a renversé le président Ahmed al-Mirghani. A la suite de ce coup d'Etat, El-Béchir a pris la présidence du Conseil de commandement de la révolution de salut national. Il assume par ailleurs les fonctions de chef de l'Etat, Premier ministre et ministre de la Défense. Il va ensuite dissoudre le Parlement, interdire les partis politiques et contrôler étroitement la presse. En octobre 1993, le Conseil de commandement de la révolution s'auto-dissout et Omar el-Béchir est nommé président du Soudan.	30 juin 1989 - …… 28 ans
6	Tchad	Idris Deby Itno	Après avoir fui le Tchad en avril 1989 suite à l'accusation de complot de Hissène Habré, Idriss Deby crée en mars 1990 le Mouvement patriotique du Salut (MPS) à partir du Soudan. Soutenue par la France, la rébellion d'Idriss Deby réussit à chasser Hissène Habré le 1er décembre 1990 et Idriss Deby est porté à la présidence du Conseil d'Etat dès le 4 décembre 1990, puis désigné président du Tchad par son mouvement, alors transformé en parti politique. En avril 2016, Il a été réélu pour un cinquième mandat dès le premier tout de l'élection présidentielle.	4 décembre 1990 - ……. 27 ans.
7	Erythrée	Issayas Afeworki	Après avoir participé dans les rangs du Front populaire de libération de l'Erythrée à la lutte pour l'indépendance de l'Erythrée vis-à-vis de l'Ethiopie, laquelle indépendance est proclamée le 27 avril 1993, Issayas Afeworki est devenu président de la République d'Erythrée le 24 mai 1993 après avoir été désigné par les membres de l'Assemblée nationale éthiopienne. Il réussit à se maintenir au pouvoir grâce au système autoritariste qu'il a instauré en Erythrée à la veille du 21e siècle.	24 mai 1993 - …….. 25 ans

Ajoutons aussi à cette liste des présidents africains en exercice ayant passés 20 ans et plus au pouvoir, le président algérien Abdelaziz Bouteflika. Celui-ci est président de l'Algérie depuis avril 1999. Avec sa réélection en 2014 pour un autre mandat de cinq ans, il pourrait aussi atteindre le seuil de 20 ans de longévité au pouvoir.

Sur les sept présidents en exercice ayant déjà passé 20 ans et plus au pouvoir présentés ci-hauts, deux d'entre eux ont accédé au pouvoir à la faveur d'un coup d'Etat. Il s'agit notamment du président soudanais Oumar el-Béchir et du président guinéen Teodoro Obiang Nguema Mbasogo. Trois d'entre eux sont devenus présidents à la suite d'une lutte armée. Il s'agit du président tchadien Idriss Deby, du président ougandais Yoweri Museveni et du président congolais Denis Sassou Nguesso. Seuls les présidents camerounais Paul Biya et érythréen Issayas Afeworki n'ont pas fait raisonner les armes pour accéder au pouvoir.

Après avoir analysé la transmission du pouvoir présidentiel en Afrique qui se passe de père à fils et la longévité des présidents africains, l'on se rend compte qu'on a en Afrique des républiques falsifiées dans leur fondement légaliste et anti-démocratique dans la démarche de leur opérationnalisation, des systèmes politiques hybrides, mieux des républiques-monarchiques. Faute d'un roi incontesté, qu'il soit le peuple souverain ou le monarque héréditaire, des roitelets ou postulants roitelets, sont animés avant tout par des intérêts égoïstes et le désir acharné de monopoliser le pouvoir. Les élections qui sont organisées dans beaucoup d'Etats africains ont le principal but de légitimer la longévité au pouvoir des chefs d'Etats africains et rares sont les élections qui contribuent à l'alternance au pouvoir. Comme l'avait souligné le président brazzavillois, « on n'organise pas les élections pour les perdre » [19]. Tel est le principe qui guide l'organisation des élections en Afrique.

Et à ce jour, l'un des moyens préférés par les présidents africains pour s'éterniser au pouvoir est le changement des constitutions. Aujourd'hui, une sorte de tourbillon constitutionnel consistant à faire sauter les verrous de la limitation des mandats gagne toute l'Afrique. Pour Eli Moustafa, « si en 1990 le vent de la démocratie avait soufflé sur le continent africain, aujourd'hui, c'est plutôt le vent de la modification des constitutions qui ravage l'Afrique… Les constitutions africaines ont été atteintes d'une inflation révisionniste » [20].

Il est certes normal de réviser les constitutions dans le but de les améliorer et de les tailler aux besoins communautaires. Et d'ailleurs à cet effet, certaines dispositions constitutionnelles existent dans beaucoup de constitutions autorisant leur révision. Mais cette dernière représente un danger lorsqu'elle est faite pour des intérêts égoïstes d'une certaine portion d'individus désireux de s'éterniser au pouvoir. Elle devient dans ce cas un enjeu pour la lutte pour le pouvoir : chacun veut modifier la constitution pour s'assurer un avantage décisif dans l'accession ou le maintien aux commandes de l'Etat. Ce qui affecte inéluctablement le principe de l'alternance politique et provoque des bouleversements politiques dans beaucoup d'Etats africains.

Globalement, les choses sont plutôt bloquées en Afrique, surtout en Afrique francophone où les manipulations électorales et les successions de père à fils aidant, l'on peut dire que l'on vit, de facto, sous les chefferies masquées [21]. Ainsi donc, « la possibilité de renverser le gouvernement par la voie des urnes n'existant pratiquement pas, seul l'assassinat, la rébellion ou le

soulèvement armé peuvent contredire le principe de la continuation indéfinie au pouvoir » [22]. De là le regain des conflits armés intra-étatiques en Afrique.

Dans un tel contexte, nous estimons que les Républiques en Afrique ne doivent pas être que des Républiques de non, elles doivent aussi appliquer les valeurs républicaines. Et l'une des valeurs républicaines est la démocratie qui est un système de gouvernement dans lequel les opinions et les intérêts de la population sont représentés et mis en valeur au moyen d'élections libres et équitables, opposant de multiples candidats aux postes de gouvernance dans les institutions politiques. La démocratie est importante en Afrique pour l'établissement d'une culture de la paix qui se substitue à la culture de la guerre. « La culture de la paix repose sur des valeurs, des attitudes, des comportements et des modes de vie qui renforcent la non-violence et le respect des libertés et des droits fondamentaux de chaque personne. Elle passe par la proclamation et l'acceptation du droit de chacun à la différence et du droit de vivre en paix et en sécurité au sein de sa communauté » [23].

La vie démocratique constitue donc un idéal que les dirigeants africains doivent chercher à atteindre pour espérer éradiquer les conflits armés intra-étatiques et se lancer sur la voie de développement économique. Et pour Kadony Nguway Kpalaingu, « la voie inévitable par laquelle les Africains sont obligés de passer est l'institutionnalisation de l'Etat. En d'autres termes, les Africains devront parvenir à dissocier les représentants de l'Etat de l'Etat lui-même en sa qualité d'assiette du pouvoir. Une telle fission sera de nature à favoriser le contrôle et la gestion orthodoxe des ressources humaines et matérielles de la collectivité au bénéfice de ladite collectivité » [24]. C'est aussi ce que soutenait l'ancien président américain Barack Obama dans son discours devant le Parlement ghanéen : « ce dont l'Afrique a besoin ce sont des fortes institutions et non d'hommes forts » [25].

Ainsi donc, s'il est démontré que ces sont les instances politiques des Etats africains qui jouent un rôle prépondérant dans l'enfoncement actuel des Etats africains, leurs refontes s'imposent stratégiquement dans la trajectoire historique collective de l'Afrique. A ce propos, Bernard Obotela Lingule note que « dans l'intelligibilité compréhensive de science de l'Etat, les mêmes acteurs politiques privilégiés qui ont entretenu le sous-épanouissement sociétal par l'exercice du pouvoir d'Etat ne sont pas perméables aux exigences de la liquidation des structures y afférentes » [26]. Devant ces réalités objectives, Obotela soutient que « l'émergence de nouveaux acteurs politiques privilégiés visionnaires paraît nécessaire, sinon incontournable dans l'opérationnalité da la dynamique du système politique » [27]. Ces nouveaux acteurs proviendraient des *transfuges politiques* qui développement une perméabilité qui favorise l'épanouissement sociétal. C'est parmi les transfuges politiques qu'on trouve le groupe dirigeant, détenant et exerçant le pouvoir politique conquis à la suite de la globalisation transformatrice structurelle que Bernard Obotela [28] appelle « tournant historique »[3] [29]. Celui-ci offrirait aux africains la possibilité de transformer les instances politiques en vue que celles-ci répondent aux exigences aspirationnelles démocratiques, développementalistes et développantes des sociétés africaines. Cela passe bien sûr par la prise de conscience politique et nationale des transfuges politiques disposés à se transcender politiquement, économiquement et socio-culturellement pour l'intérêt collectif supérieur au détriment de l'intérêt individuel ou groupal restreint [30].

5 CONCLUSION

A l'aube des soixante ans d'indépendance de la plupart des Etats africains, nous avons estimé qu'il est important de marquer un arrêt afin d'analyser la forme des gouvernements en Afrique postcoloniale. D'où cet article intitulé « Analyse de la forme des gouvernements postcoloniaux en Afrique : des républiques ou des monarchies déguisées en républiques ? ». Cet article nous a offert la possibilité d'étudier si les Etats africains sont des républiques comme ils se font appeler ou des monarchies déguisées en république. A priori, en observant les pratiques en Afrique, l'on pouvait affirmer que les

[3] Le tournant historique est l'ensemble des circonstances d'ordre économique, politique, idéologique et social qui empêchent radicalement en un moment donné l'instance politique de remplir son rôle dans le processus historique de la structure globale de la totalité sociale. Cet empêchement radical, total et global ne donne pas au système politique les perméabilités de se maintenir dans la trajectoire collective de l'ensemble social global. Les circonstances économiques, politiques, idéologiques et sociales qui font son ossature sociologique sont relativement déclenchées par les faits saillants et conséquents entretenus, développés et rendus dysfonctionnellement et manifestement criants par l'instance politique dans la trajectoire collective. Il est entraîné et déclenché avec perspicacités par la canalisation des intérêts collectifs et particuliers de différentes strates sociales par le centre de gravité d'un système politique qui n'est plus perméablement accessible aux réalités aspirationnelles, sociales, économiques, politiques et culturelles. Il offre un moment historique radicalement fouillé favorable au bouleversement irréversible de l'instance politique constituant le centre de gravité des inputs et outputs des systèmes politiques.

gouvernements postcoloniaux en Afrique, bien que portant le nom de république, n'étaient en réalité ni des républiques ni des monarchies. C'était donc un système hybride que l'Afrique aurait créé.

Une telle analyse a eu l'avantage de montrer aux dirigeants africains quelle forme de gouvernement est susceptible d'amener l'Afrique vers une stabilité et une prospérité durables. Pour y arriver, nous avons en premier lieu étudié les notions de la démocratie. En second lieu, il s'est agi des notions sur la république. Enfin, il était question d'analyser si les Etats africains sont des républiques ou des monarchies déguisées en République.

Après analyse, le constat que nous pouvons faire est que les Etats africains souffrent de ne pas avoir une forme de gouvernement bien claire : ils ne sont ni des républiques ni des monarchies. Ils ne sont pas des républiques dans la mesure où la vie publique échappe aux citoyens censés d'élire leurs dirigeants pour des mandats bien déterminés, de mener le contrôle démocratique et de s'exprimer librement sur la gestion des affaires publiques. Le peuple est devenu l'otage des calculs carriéristes et narcissiques d'une poignée d'individus qui ont ainsi confisquée son pouvoir. Mais les Etats africains ne sont pas non plus des monarchies car les politiques sont quand même en concurrence, des élections sont quand mêmes organisées, même si dans beaucoup de cas elles ne conduisent pas au changement de régime. Ne sommes-nous pas là en présence d'une nouvelle forme de gouvernement que les Africains ont créée ?

Ce qui est vrai est que malgré le fait que les Etats africains portent les noms des républiques, ils gardent néanmoins les caractéristiques des monarchies ; ce sont des monarchies déguisées en républiques ou des républiques défroquées. Mieux, ce sont des « républiques-monarchiques », des républiques où les chefs d'Etat, après avoir vidé les institutions républicaines de tout leur contenu, s'éternisent au pouvoir, des républiques où les fils des présidents en exercice sont par automaticité appelés à succéder à leurs pères. Les présidents africains n'hésitent pas à recourir à tous les moyens pour s'accrocher au pouvoir. Et à ces jours, l'un des moyens utilisé est le changement des constitutions. Les constitutions africaines ont été atteintes d'une inflation révisionniste. Ce qui affecte inéluctablement le principe de l'alternance politique et provoque des bouleversements politiques dans beaucoup d'Etats africains. La possibilité de renverser le gouvernement par la voie des urnes n'existant pratiquement pas, seul l'assassinat, la rébellion ou le soulèvement armé peuvent contredire le principe de la continuation indéfinie au pouvoir.

Dans un tel contexte, nous avons estimé que la vie démocratique constitue un idéal que les dirigeants africains doivent chercher à atteindre pour espérer éradiquer les conflits armés et se lancer sur la voie de développement économique. Cette vie démocratique passe nécessairement par l'institutionnalisation de l'Etat. En d'autres termes, les Africains devront parvenir à dissocier les représentants de l'Etat de l'Etat lui-même en sa qualité d'assiette du pouvoir. Bref, ce dont l'Afrique a besoin ce sont des fortes institutions et non d'hommes forts. Cela passe bien sûr par l'émergence des nouveaux acteurs, détenant et exerçant le pouvoir politique conquis à la suite d'un tournant historique. Ces nouveaux acteurs doivent aussi être animés par une conscience politique et nationale et disposés à se transcender politiquement, économiquement et socio-culturellement pour l'intérêt collectif supérieur des peuples africains au détriment des intérêts individuels ou groupaux restreints.

REMERCIEMENTS

La réalisation de cet article ne pouvait être possible sans l'aide de certaines personnes. Je profite donc de cette occasion pour remercier tous ceux qui, de prêt ou de loin, m'ont assisté dans la réalisation de cette œuvre scientifique.

Mes remerciements s'adressent en premier lieu au Recteur de l'Université de Lubumbashi, le Professeur Kishiba Fitula Gilbert et tout son comité de gestion pour leur bonne volonté de préparer la relève du personnel académique de l'Université de Lubumbashi.

Je remercie aussi de manière particulière ma chère et tendre épouse Maguy Lukwesa Tshabu, ma chère mère Marie-José Mwange Fulaïsha, ma chère sœur Anne Feza Muya et mon cher frère Jérôme Kangoy Mwanavita pour leur soutien financier sans lequel la publication de cet article ne serait pas possible.

Mes remerciements s'adressent enfin à Monsieur Kadony Nguway Kpalaingu, Docteur en Relations Internationales et Professeur Ordinaire à l'Université de Lubumbashi pour son appréciation positive de cet article. C'est grâce à ses encouragements et ses observations pertinentes que j'ai pu l'achever.

REFERENCES

[1] Montesquieu, *De l'esprit des lois*, Tome 1, Londres, Ed. Nourse, 1772, pp. 1-484. [Online] Available: https://fr.m.wikisource.org/wiki/De_l%E2%80%99esprit_des_lois_(%C3%A9d._Nourse)/Texte_entiercite_ref-1 (16 mars 2018).

[2] *Définition de la monarchie.* [Online] Available: http://www.cnrtl.fr/definition/monarchie (15 février 2018).
[3] *Définition de la monarchie.* [Online] Available: http://www.cnrtl.fr/definition/monarchie (15 février 2018).
[4] *La monarchie*. [Online] Available: http://www.cosmovisions.com/monarchie.htm (13 mars 2018).
[5] J. Baylis, S. Smith et P. Owens, *La Globalisation de la politique mondiale. Une introduction aux relations internationales*, Québec, Modulo, 2012, p. 554.
[6] Paula Becker et Jean-Aimé A. Raveloson, traduction de l'Allemand en français par Rabary-Andriamanday Voahanitriniaina, *Qu'est-ce que la démocratie ?*, Antananarivo, septembre 2008, pp. 5-16
[7] Wilson-André Ndombet, *La dynastie Bongo au Gabon de 1967 à 2016 : "une question de survie ?"*, 27 septembre 2016. [Online] Available: http://www.lexpress.fr/actualite/monde/afrique/la-dynastie-bongo-au-gabon-de-1967-a-2016-une-question-de-survie_1834956.html (15 octobre 2017).
[8] Wilson-André Ndombet, *La dynastie Bongo au Gabon de 1967 à 2016 : "une question de survie ?"*, 27 septembre 2016. [Online] Available: http://www.lexpress.fr/actualite/monde/afrique/la-dynastie-bongo-au-gabon-de-1967-a-2016-une-question-de-survie_1834956.html (15 octobre 2017).
[9] Kakdeu Louis-Marie, *Fraudes électorales en Afrique: techniques et pistes de solutions*. [Online] Available: http://www.libreafrique.org/kakdeu-fraude-electorale-021214 (19 février 2018)
[10] Radio France Internationale, *Togo: de la présidence Eyadéma à la dynastie Gnassingbé*. [Online] Available: http://www1.rfi.fr/actufr/articles/062/articles_33840.asp (19 février 2018).
[11] Radio France Internationale, *Togo: de la présidence Eyadéma à la dynastie Gnassingbé*. [Online] Available: http://www1.rfi.fr/actufr/articles/062/articles_33840.asp (19 février 2018).
[12] Radio France Internationale, *Togo: de la présidence Eyadéma à la dynastie Gnassingbé*. [Online] Available: http://www1.rfi.fr/actufr/articles/062/articles_33840.asp (19 février 2018).
[13] *Historique de l'opération MONUC*. [Online] Available: http://operationspaix.net/104-historique-monuc.html (14 février 2018).
[14] La Documentation française, *1998-2003: sept pays en guerre sur le sol de la République démocratique du Congo (RDC).* [Online] Available: http://www.ladocumentationfranaise.fr/dossiers/conflit-grands-lacs/sept-pays-guerre-congo.shtml (13 février 2018).
[15] Thambwe Mwamba Alexis (Dir.), *Traditions et perspectives de la diplomatie du développement en République Démocratique du Congo*, Kinshasa, Gescom, 2010, p. 41
[16] Tshitenge Lubabu, « 16 janvier 2001: le jour où Joseph succéda à Kabila à la tête de la RDC », *Jeune Afrique*, 08 février 2011. [Online] Available: http://www.jeuneafrique.com/192835/politique/16-janvier-2001-le-jour-o-joseph-succ-da-kabila-la-t-te-de-la-rdc (30 décembre 2017).
[17] L'article 70 de la Constitution de la RDC.
[18] Soudan François, « Fils de président: dans l'ombre du père », *Jeune Afrique*, 17 janvier 2014. [Online] Available: http://www.jeuneafrique.com/135092/politique/fils-de-pr-sident-dans-l-ombre-du-p-re (30 décembre 2017).
[19] Sassou Nguesso Denis., cité par Anatole Ayissi, « Illusoire interdiction des coups d'Etat », *Manière de voir*, n°51, mai-juin 2000, p.31.
[20] Moustafa Eli, *Constitutions en Afrique: à qui profitent les révisions?* [Online] Available: http://www.amis.monde-diplomatique.fr/article2377.html (30 décembre 2017).
[21] Mbembe Achille, *Cinquante ans de décolonisation africaine*. [Online] Available: http://www.africultures.com/php/%Fnav3Darticle%26no%3D9139&hl (29 décembre 2017).
[22] Mbembe Achille, *Cinquante ans de décolonisation africaine*. [Online] Available: http://www.africultures.com/php/%Fnav3Darticle%26no%3D9139&hl (29 décembre 2017).
[23] Hazoumê Marc-Laurent, *L'Afrique et le défi démocratique. Essai sur l'éducation des adultes pour la démocratie et la culture de la paix*, Hambourg, IUE, 1999, p.32.
[24] Kadony Nguway Kpalaingu, *Une introduction aux relations internationales africaines*, Paris, L'Harmattan, 2007, p.23.
[25] Extrait du Discours de l'Ancien président américain Barack Obama tenu le samedi 11 juillet 2009 devant le Parlement ghanéen.
[26] Obotela Lingule Bernard, *Le concept de pouvoir en sociologie politique*, Lubumbashi, PUL, 2011, p.123
[27] Obotela Lingule Bernard, *Le concept de pouvoir en sociologie politique*, Lubumbashi, PUL, 2011, p.123
[28] Obotela Lingule Bernard, *Le concept de pouvoir en sociologie politique*, Lubumbashi, PUL, 2011, p.127
[29] Obotela Lingule Bernard, *op.cit*, pp. 126-127.
[30] Obotela Lingule Bernard, *op.cit*., p. 125.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1579-1590
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

EVALUATION DU STATUT EN VITAMINE D ET SA RELATION AVEC LES PARAMETRES ANTHROPOMETRIQUES : CAS DE LA REGION SOUSS MASSA (MAROC)

ABDELLAH MOUKAL[1-2], EL HASSAN IZAABEL[1], ABDELLAH EL FAROUQI[3], and MOHAMED AGHROUCH[4]

[1]Equipe de Génétique et Ecologie des Populations Humaines, Laboratoire de Biologie Cellulaire et Génétique Moléculaire, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc

[2]Diététicien Nutritionniste, Univers santé Agadir, Maroc

[3]Service de Gynécologie, Centre Hospitalier Régional Hassan II, Agadir, Maroc

[4]Laboratoire d'Analyses Médicales, Centre Hospitalier Régional Hassan II, Agadir, Maroc

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

ABSTRACT: The objective of this study is to evaluate the vitamin D status of 495 patients in the Souss Massa region of Morocco. At the same time, it aims to verify the existence of a possible association between vitamin D serum concentrations and certain anthropometrical parameters including age, sex, body mass index, percentage of body fat, fat visceral and waist circumference. The mean the vitamin D serum in the patients is 15.92 ± 8.04 ng / ml. Participants with adequate vitamin D status are 5.45 %. 19.80 % have a deficiency, 50.51 % have a deficit and severe deficiency concerns 24.24 %.
The average vitamin D serum concentration is significantly higher in men than in women ($p < 0.0001$).
Following several linear regressions to check the influence of each variable on vitamin D status, BMI and BFD significantly contribute to the prediction of vitamin D status ($p < 0.05$).
This study identified some associations between the vitamin D serum levels and the anthropometric parameters of our sample, in particular, age, body mass index (BMI), body fat (BF), waist circumference (WC).
Our results confirm the hypothesis that obesity, BMI and BFD are inversely associated with low vitamin D status. Further studies are needed to address the nutritional, environmental and genetic aspects of hypovitaminosis D in the Moroccan population.

KEYWORDS: Adipose tissue, BMI, Epidemiology, Fat mass, Morocco, Obesity, Obesity VDR, Vitamin D, Vitamin D deficiency.

RÉSUMÉ: L'objectif de cette étude est d'évaluer le statut en vitamine D chez 495 patients de la région de Souss Massa au Maroc. Par la même occasion, c'est d'essayer de vérifier l'existence d'éventuelles association corrélations entre les concentrations sériques en vitamine D et certains paramètres anthropologiques, notamment l'âge, le sexe, l'indice de masse corporelle, le pourcentage de graisse corporelle, la graisse viscérale et le tour de taille.
La moyenne sérique de vitamine D chez les participants est de 15.92 ± 8.04 ng /ml. Les patients, ayant un statut adéquat en vitamine D, sont de 5.45 %, ceux en état d'insuffisance sont de 19.80 % et 50.51 % sont en état de déficit et la carence sévère représente 24.24 %.
La concentration sérique moyenne en vitamine D est significativement plus élevée chez les hommes que chez les femmes ($p < 0.0001$).
Suite à plusieurs régressions linéaires en vue de vérifier l'influence de chaque variable sur le statut en vitamine D, il parait que l'IMC et le PG contribueraient significativement à la prédiction du statut en vitamine D ($p < 0.05$).
Cette étude a permis d'identifier certaines associations entre les taux sériques en vitamine D et les paramètres anthropométriques, notamment, l'âge, l'indice de masse corporelle (IMC), la graisse corporelle (PG) et le tour de taille (TDT).
Les résultats obtenus confirment l'hypothèse que l'obésité, l'IMC et la graisse corporelle sont inversement associés aux faibles statuts en vitamine D.

Corresponding Author: ABDELLAH MOUKAL

D'autres études sont nécessaires pour traiter les aspects nutritionnels, environnementaux, génétiques de l'hypovitaminose D au sein de la population marocaine.

MOTS-CLEFS: Carence en vitamine D, Epidémiologie, IMC, Masse grasse, Maroc, Obésité, Souss Massa, Tissu adipeux, Vitamine D.

1 INTRODUCTION

La vitamine D ou Calciférol, est une vitamine liposoluble. Elle existe sous deux formes selon sa source, la vitamine D_2 (ergocalciférol) d'origine végétale et la vitamine D_3 (cholécalciférol) d'origine animale. C'est une vitamine apportée par l'alimentation, la supplémentation médicale ou synthétisée au niveau cutanée suite à l'exposition aux rayons solaires (notamment les UVB), puis stockée au niveau du foie et du tissu adipeux [1, 2].

Bien que le rôle classique de la vitamine D ait été décrit depuis très longtemps, son potentiel biologique s'est élargi de plus en plus au cours des dernières années. Ceci est dû à l'expression de son récepteur (Vitamin D Récepteur = VDR) par la plupart des tissus de l'organisme, qui est lui-même en relation avec un facteur nucléaire (*VDR responsive élément*) contrôlant près de 300 gènes. Ainsi, les connaissances scientifiques, aussi bien osseuses qu'extra-osseuses, sur la vitamine D ont beaucoup évolué ces dernières années. Elle est actuellement considérée comme une véritable "pseudo hormone" avec de multiples fonctions au-delà de ses fonctions primaires, dans le métabolisme osseux, et son rôle déterminant dans la régulation de l'homéostasie phosphocalcique [3]. Plusieurs études épidémiologiques, à l'échelle mondiale, ont montré un déficit important en vitamine D chez les différentes populations dans beaucoup de pays [4], [5]. L'hypovitaminose D est souvent associée aux pathologies chroniques, comme le diabète, l'hypertension, l'obésité, le cancer, les maladies cardiovasculaires, les maladies auto-immunes, au-delà des pathologies musculosquelettiques [3], [6], [7], [8].

De nombreuses études ont montré que la déficience en vitamine D était associée à l'obésité, au degré d'adiposité et à bien d'autres pathologies métaboliques [7], [8], [9], [10], [11]. Dans un essai de supplémentation par du jus d'orange enrichi en vitamine D contre du jus d'orange ordinaire chez un groupe d'obèse, il été conclu une réduction significative de la GV supplémentée que dans le groupe témoin (P = 0,024) [12]. Dans une autre étude, il a été établi que le statut en vit D est inversement corrélé à l'IMC, au poids corporel, au tour de taille, et au taux d'HbA1c, mais pas avec la pression artérielle, le cholestérol total, HDL, des triglycérides et LDL [13].

Bien que ces études aient intéressé divers populations aussi bien européennes, américaines ou asiatiques, aucune étude n'a cependant exploré cette relation chez les populations Nord-africaines et en particulier la population marocaine. Ainsi, pour étudier l'implication potentielle de la vitamine D dans l'obésité chez la population marocaine et en particulier dans la région Souss Massa, l'une des régions les plus ensoleillée du royaume.

L'objet de l'étude est d'évaluer le statut en vitamine D et son éventuelle relation avec certains paramètres anthropologiques, notamment l'âge, le sexe, le tour de taille, le pourcentage de graisse corporelle, la graisse viscérale et l'indice de masse corporelle.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ZONE DE L'ÉTUDE

Notre étude a été réalisée dans la région du Souss Massa (Figure 1) connue par sa situation privilégiée, en termes d'ensoleillement. Celle-ci profite d'un climat méditerranéen semi-aride qui lui apporte une moyenne de 300 jours de soleil par an. La température annuelle moyenne y est de 19 °C (max : 27 °C et min : 11°C). Au dernier recensement de septembre 2014, la région comptait 2. 676 847 habitants et la métropole d'Agadir est sa principale ville.

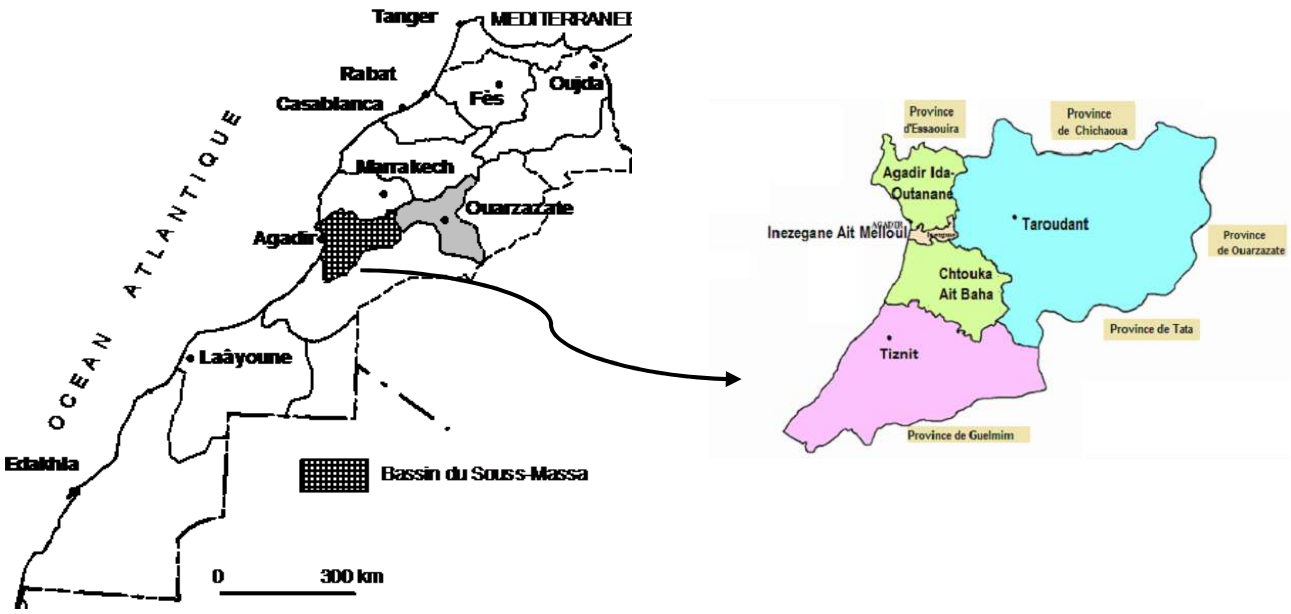


Fig. 1. Localisation de la région Souss Massa et ses provinces

2.2 POPULATION CIBLÉE

Notre étude, réalisée durant la période 27/03/2012 au 30/03/2016, a été effectuée sur un échantillon composé de 495 sujets recrutés de patients suivis dans le Centre "Univers Santé" Agadir, spécialisé en Nutrition et Diététique. Avant l'intégration des patients dans l'échantillon de l'étude, leur consentement a été demandé. Les personnes souffrant d'une insuffisance rénale chronique ou d'insuffisance hépatique sévère ou d'un problème de parathyroïdie ainsi que ceux supplémentées en vitamine D durant un mois avant l'étude, ont été écartés. Chez chaque patient, les relations existant entre le poids, l'indice de masse corporelle, le tour de taille, la graisse corporelle et le statut en vitamine D ont été étudiées.

2.3 ANALYSES EFFECTUÉES

2.3.1 MESURES ANTHROPOMÉTRIQUES

L'évaluation anthropométrique consiste à mesurer les paramètres suivants :

- *La taille* (T) **:** qui est prise à, l'aide d'une toise métallique murale de type Tanita® ;
- *Le tour de taille* (TDT) : qui est évalué grâce à un mètre ruban en prenant la mesure contre la peau, selon la directive de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) qui préconise de prendre la mesure à mi-distance entre la crête iliaque et la dernière côte et à la fin d'une expiration.
- *Le poids et l'analyse corporelle :* Ces mesures ont été effectuées par un analyseur de masse corporelle segmentaire de marque Tanita® BC 418 MA. Celui-ci permet d'avoir, pour chaque patient, le poids (P), la masse grasse (MG), la masse maigre (MM), le % de graisse corporelle (PG), la graisse viscérale (GV), l'indice de masse corporelle (IMC) et une approximation du métabolisme de base.

2.3.2 CATÉGORISATION DE LA CORPULENCE

Pour ce paramètre, le classement utilisé est celui préconisé par l'OMS qui subdivise la corpulence en plusieurs catégories en se basant sur l'indice de masse corporelle (IMC) (Tableau 1). Cet indice correspond au rapport du poids en kilogramme sur le carrée de la taille en mètre**(**en Kg/m^2**).**Une petite modification à cette règle concerne le surpoids [6].

Tableau 1. Classification du poids selon l'IMC en Kg/m²

Catégorie	IMC (en Kg/m²)
Insuffisance pondérale	< 18.5
Poids normal	18.5 – 24.99
Surpoids	25 – 29.99
Obésité I	30 -34.99
Obésité II	35 - 39.99
Obésité III	>40

2.3.3 DOSAGE BIOLOGIQUE DE LA VITAMINE D

Le dosage biologique de la vitamine Da été effectué, dès la première consultation, dans un laboratoire d'analyses médicales privé. Le taux sérique en Vitamine D est déterminé par technique électrochimio-luminescence (ROCHE ELECSYS 2010 ou COBAS e 411 ROCHE mini vidas).

Le classement utilisé est celui préconisé par la Société Américaine d'Endocrinologie (SAE) qui a établi les valeurs de références en termes de statut en vitamine D : Concentration sérique en vitamine < 30ng /ml comme une insuffisance. Les concentrations comprises entre 10 et 20 ng/ml et < 10 ng sont considérées respectivement comme un déficit et une carence. Le seuil optimal en vitamine D est compris entre 30 et 100 ng/ml [7], [15].

Tableau 2. Statut en Vitamine D selon la SAE

Statut en Vitamine D	Concentration sérique (en ng/ml)
Déficit ou Carence	<20
Insuffisance	< 30
Seuil optimal	[30 -100]

2.4 ANALYSES STATISTIQUES

Les analyses statistiques ont été réalisées grâce au logiciel SPSS version 20. Les données sont rapportées en tant que moyenne ± écart-type pour les variables quantitatives et en pourcentage pour les variables qualitatives. Le test de corrélation de Pearson a été utilisé pour évaluer les associations entre les concentrations sériques en vitamine D et les paramètres anthropométriques, notamment l'IMC, le TDT, la GV, le PG. Les comparaisons entre les groupes ont été faites à l'aide du test "t" de Student pour série non apparié ou par ANOVA. La régression linéaire a été utilisée pour identifier la part de chaque variable anthropométrique (variables explicatives) dans le statut en vitamine (variable expliquée). La régression multiple a été utilisée pour étudier la relation des variables explicatives sur la variable dépendante. La valeur de "p"< 0,05 est considérée comme statistiquement significative. Afin de traiter statistiquement les données, une classification des variables a été adoptée. Les données biologiques et anthropométriques recueillies au cours de l'étude ont été codées de la manière suivante :

- l'âge, le pourcentage de graisse corporelle et la graisse viscérale sont considérés comme des variables quantitatives sans changement ;
- le sexe : Cette variable a été codée en catégorie "1"pour les hommes et en catégorie"2"pour les femmes ;
- le poids et la taille ont été combinés en une autre variable quantitative (Corpulence = IMC en Kg/m^2) qui classe pondéral en en 6 modalités : Insuffisance pondérale (0), Normopoids (1), Surpoids (2), Obésité I (3), Obésité II(4) et Obésité III(5). Afin de procéder à la régression logistique au cas échéant, la variable corpulence a été classée en variable dichotomique (non obèse = 0 et Obèse =1);
- le tour de taille a été codé en deux modalités : TDT normal (1) et Obésité abdominale (2) ;
- le statut en vitamine D basé sur la concentration sérique a été codé en 4 modalités : Carence (0), Déficit (1), Insuffisance (2) et Adéquat (3). Toute concentration inférieure à 30ng /ml est considérée comme une hypovitaminose.

3 RESULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

Les données relatives aux caractéristiques de l'échantillon étudié sont résumées dans le tableau 3.

Tableau 3. Caractéristiques de la population étudiée

Caractère			Résultat
Sexe	Hommes		31%
	Femmes		69%
Age	Intervalle		18 à 84 ans
	Moyenne	Hommes	42.4 ± 12.83ans (ns)
		Femmes	41.08 ± 12.75 ans
Poids moyen	Global		92.23 ± 21.07 Kg
	Hommes		96.55 ± 21.07 Kg p < 0.002
	Femmes		90.30 ± 20.84 Kg
Taille	Global		164 ± 9 cm
	Hommes		173 ± 6 cm (p < 0.0001)
	Femmes		160 ± 6 cm

(ns : Non significatif, p < 0.002 : Moyennement significatif, p < 0.0001 : Hautement significatif)

Sur les 495 patients étudiés, 69 % sont des femmes et 31 % des hommes. Ces patients appartiennent à la tranche d'âge 18 à 84 ans avec une moyenne d'âge respectivement de 41.08 ± 12.75 ans et 42.4 ± 12.83 ans chez les femmes et les hommes. Leur poids moyen est de 92.23 ± 21.07 Kg, mais avec un surpoids significativement marqué chez les hommes (96.55 ± 21.07 Kg, $p < 0.002$) par rapport aux femmes (90.30 ± 20.84 Kg) avec un IC95% = [2.2607 ; 10.2534]. La taille moyenne des patients est de 164 ± 9 cm, mais celle-ci est significativement en faveur des hommes (173 ± 6 cm, $p < 0.0001$) par rapport aux femmes (160 ± 6 cm).

3.2 CARACTÉRISTIQUES ANTHROPOMÉTRIQUES

3.2.1 CLASSIFICATION SELON L'IMC

La figure 2 illustre la classification des patients selon leur corpulence.

Les patients ont un IMC moyen de 34,46 ± 7.94 kg/m^2. Ce paramètre est de 35,41 ± 8,1 kg/m^{2}chez les femmes et de 32,34 ± 6,59 kg/m^{2}chez les hommes. Leur classification selon leur IMC montre que 1.41 % des cas présentent une insuffisance pondérale, 6.46 % ont un poids normal, 20 % sont en surpoids, 27.47 % ont une obésité I, 26.87 % ont une obésité II et 17.78 % ont une obésité III. L'obésité touche donc 72,12 % des participants.

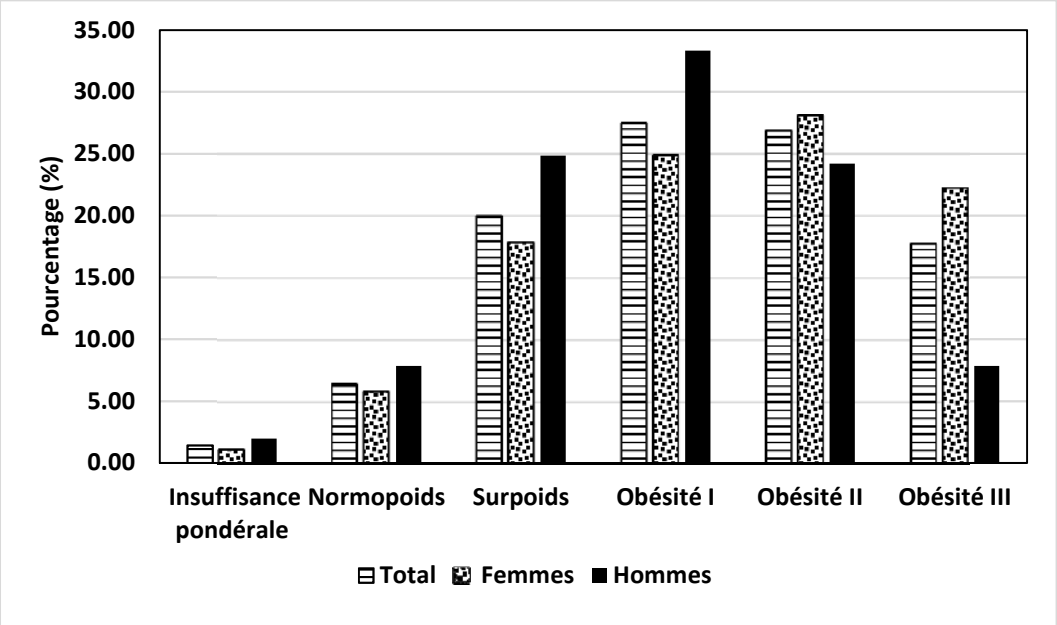


Fig. 2. Distribution des patients selon leur corpulence (IMC en Kg/m²)

Les résultats obtenus montrent une différence liée au sexe. En effet, l'insuffisance pondérale représente 1.7 % chez les femmes contre 1.96 % chez les hommes, tandis que l'état de normopoids a été obtenu chez 5.85% de femmes contre 7.84 % chez les hommes. Par ailleurs, l'état de surpoids est plus exprimé chez les hommes (24.85%) par rapport aux femmes (17.84 %), tandis que les états d'obésité I et II ont une tendance masculine avec 33.33 % d'obésité I, 24.18 % d'obésité II chez les hommes et 28.07 %. L'obésité est significativement ($p < 0.0001$) plus fréquente chez les femmes (75.14 %) par rapport aux hommes (65.35 %) avec un $IC_{95\%}$ = [1.58 ; 4.57].

Cependant, la comparaison des patients par rapport à leur IMC montre que l'état de surpoids est significativement plus exprimé chez les hommes (24.85 %) par rapport aux femmes (17.84 %), tandis que les états d'obésité I et II ont une tendance masculine avec 33.33 % d'obésité I, 24.18 % d'obésité II chez les hommes et 24.83 % d'obésité I et 28.07 % d'obésité chez les femmes. Par ailleurs, le pourcentage de cas d'obésité III est plus marqué chez les femmes (22.22 %) par rapport aux hommes (7.84 %).

3.2.2 CLASSIFICATION SELON LE TOUR DE TAILLE (TDT)

Le suivi du TDT chez les patients examinés montre un TDT moyen de 112.31 ± 15.24 cm. L'étude de celui-ci en fonction du sexe ne montre aucune différence significative (TDT moyen Femmes : 12.16 ± 15.87, TDT moyen Hommes : 112.63 ± 13.73 cm).

3.2.3 CLASSIFICATION SELON LA DISTRIBUTION DU POURCENTAGE DE GRAISSE CORPORELLE

Le pourcentage moyen de graisse corporelle obtenu chez les patients est de 40.02 ± 9.6 %. Celui-ci est significativement plus important chez les femmes (44.27 ± 7.46 %) par rapport aux hommes (30.53 ± 6.97 %) ($p < 0.0001$) avec un $IC_{95\%}$ = [12.34; 15.13].

3.2.4 CLASSIFICATION SELON LA GRAISSE VISCÉRALE

Le suivi de la masse de graisse viscérale montre un niveau moyen de GV de 14.98 ± 5.81 Kg. Cependant, ce paramètre parait être plus important chez les hommes (14.98 ± 5.81 Kg) par rapport aux femmes (11.03 ± 4.85 Kg) ($p < 0.0001$) avec un $IC_{95\%}$ = [2.20 ; 4.23].

3.3 STATUT EN VITAMINE D

La figure 3montre l'évolution du taux sérique de vitamine D chez les patients. Globalement, leur taux sérique moyen en vitamine D est de 15.92 ± 8.04 ng/ml. Cependant, seuls 5.45 % des patients qui présentent un taux sérique adéquat en vitamine D, alors que 19.80 % des cas sont en état d'insuffisance, 50.51 % en état de déficit et 24.24 % sont état de carence sévère.

L'examen de ce paramètre en fonction du sexe montre qu'il est plus important chez les femmes (19.63 ± 8.78 ng/ml) par rapport aux hommes (14.26 ± 7.09 ng/ml).

Par ailleurs, le statut adéquat en vit D n'est que de 3.8 % chez les femmes contre 9.15 % chez les hommes, alors que l'état d'insuffisance en vitamine D est respectivement de 32.8 % et 14.04 % chez les hommes et les femmes, tandis que l'état de déficit en vitamine D est comparable selon le sexe (50.33% et 50.58 % respectivement les hommes et chez les femmes). L'état de carence en vitamine D est plus abondant chez les femmes (31.58 %) par rapport aux hommes (7.84 %).

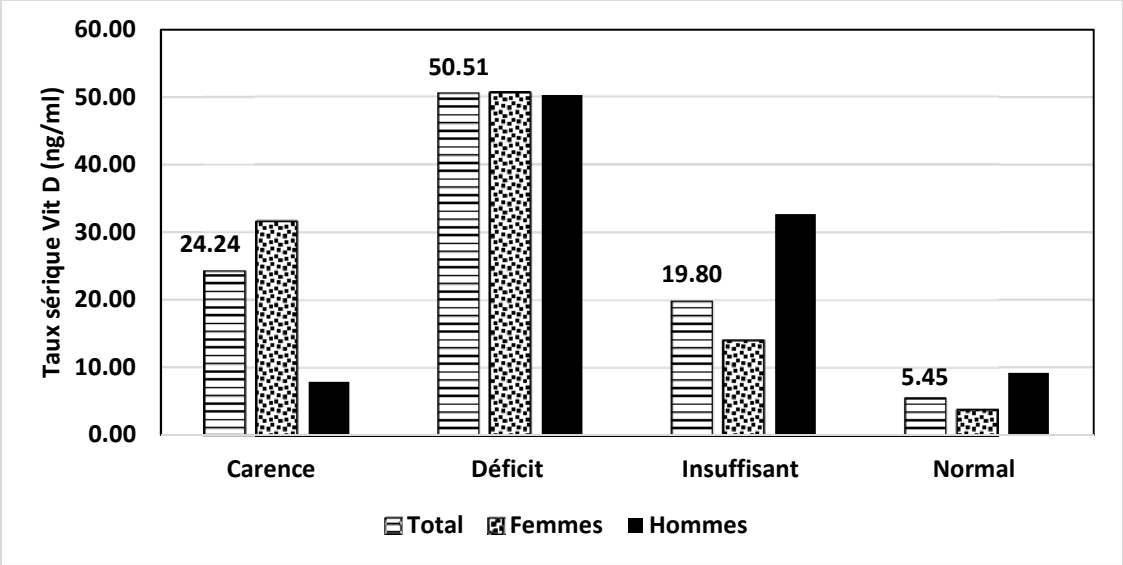


Fig. 3. Distribution du statut en vitamine D chez les patients

3.4 CORRÉLATIONS ENTRE LE STATUT EN VITAMINE D ET LES PARAMÈTRES ÉTUDIÉS (FIGURE 4)

Selon nos résultats aucune corrélation significative n'a été révélée entre l'âge et le taux sérique en vitamine D, et ceci aussi bien chez les hommes que chez les femmes.

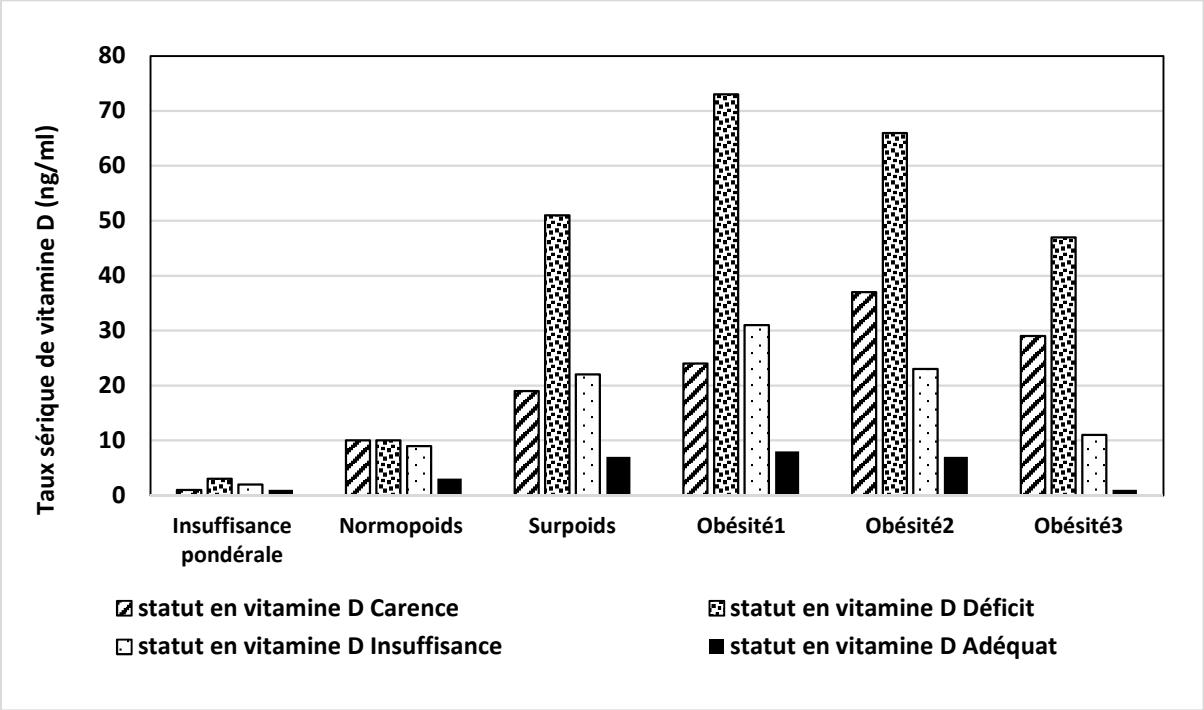


Fig. 4. Distribution du statut en vitamine D selon la corpulence

Cependant, une corrélation très significative est exprimée entre la variable sexe et celle de la concentration sérique en vitamine D ($p < 0.0001$). En effet, le taux sérique moyen en vitamine D est globalement et significativement plus élevé chez les hommes par rapport aux femmes ($p < 0.0001$) avec un $IC_{95\%} = [3.90 ; 6.84]$. Cependant, cette différence n'est significative que pour la situation de déficit en vitamine D qui est significativement plus importante chez les femmes que chez les hommes ($p < 0.004$) avec un $IC_{95\%} = [0.45 ; 2.28]$.

Concernant, la relation entre le statut en vitamine D et l'IMC, elle est globalement et inversement significative ($p < 0.01$). Cependant, cette signification est exprimée surtout chez les femmes ($p < 0.01$) par rapport aux hommes ($p = 0.37$).

Concernant la relation statut en vitamine D et le pourcentage en graisse corporelle, notre analyse a permis de mettre en évidence une corrélation inverse très significative entre ces deux paramètres, avec un coefficient de Pearson, $r = - 0,32$ ($p < 0.01$). Cependant, cette signification est exprimée surtout chez les femmes ($r = - 0.176$, $p < 0.001$) par rapport aux hommes ($p = 0.10$).

Notre analyse n'a révélé aucune corrélation significative entre le statut en vitamine D et la masse de graisse viscérale des patients (coefficient de Pearson, $r = 0.04$ ($p = 0.405$). Cependant, l'analyse liée au sexe a permis de mettre en évidence une corrélation inverse très significative entre la masse graisse viscérale et le taux sérique en vitamine D chez les femmes ($r = - 0.16$ ($p = 0.003$) par rapport aux hommes ($r = - 0,09$, $p = 0,264$).

Concernant la taille des patients, celle-ci parait exprimer une corrélation inverse significative avec la concentration sérique en vitamine D lors de son analyse globale (coefficient de Pearson, $r = - 0.090$ ($p < 0.05$). Cependant, aucune corrélation liée au sexe n'a été révélée (Hommes ($p = 0,172$), Femmes ($p = 0,077$).

Enfin, l'analyse utilisant plusieurs régressions linéaires pour vérifier l'influence de chaque variable sur le statut en vitamine D a permis d'élaborer un modèle explicatif de l'évolution du statut en vitamine D en fonction des variables anthropométriques. Le modèle explicatif choisi a permis de révéler que seuls l'IMC et le PG contribueraient significativement ($p < 0.05$) à la prédiction du statut en vitamine D.

4 DISCUSSION

Compte tenu des données disponibles sur les effets squelettiques et extrasquelettiques de la vitamine D, notamment sur son association inverse avec l'obésité, le concept du maintien d'un statut adéquat en vitamine D pour réduire l'adiposité est important. Bien que le Maroc soit un pays ensoleillé, les études montrent que ce pays ne fait pas exception en ce qui concerne

l'importance de l'hypovitaminose D, dans les différentes régions du nord marocain [16, 17, 18, 19]. Notre étude, qui est la première de son genre à l'échelle de la Région Souss Massa, vient d'une part, compléter les diverses analyses déjà effectuées à, l'échelle nationale et permet de mettre en évidence la relation éventuelle entre le statut en vitamine D, l'obésité et d'autres paramètres anthropologiques, notamment l'âge, le sexe, le poids, le pourcentage de graisse corporelle et l'indice de masse corporelle.

La plupart des études effectuées au Maroc en rapport avec le taux sérique en vitamine D, ont rapporté des taux très variables mais qui demeuraient en état de déficit [16, 17, 18, 19]. En effet, malgré l'ensoleillement important du Maroc et particulièrement la Région Souss Massa, le déficit en vitamine D parait plus important chez la population de la Région Massa par rapport aux régions de Rabat et Fès [16, 18]. Selon les études réalisées dans ces régions, la taille et la diversité de l'échantillon de l'étude sembleraient influencer les résultats. En effet, ces études ont concerné généralement des femmes ménopausées ou des sujets âgés de plus de 50 ans, ce qui marque la différence par rapport à notre étude qui a intégré des patients d'âge variable, hommes et femmes, jeunes et moins jeunes.

Dans le cas de notre étude, la situation de statut déficitaire en vitamine D enregistrée dans le cas de notre étude et chez la population marocaine, peut être expliquée par :

- les messages véhiculés par la communauté scientifique et relayés par les médias sur les risques de cancers cutanés dus à l'exposition au soleil ;
- les pratiques culinaires qui nuisent à la biodisponibilité de la vitamine D, en particulier, les fortes températures de cuisson et les cuissons prolongées des aliments (ragouts et tagines) ;
- les aspects culturels spécifiques aux régions du sud marocain ;
- l'éviction de l'exposition au soleil, en particulier, dans les provinces du sud où les marocains ne préfèrent pas être bronzés, surtout les femmes (la blancheur de la peau est un critère de beauté) ;
- les tenues vestimentaires couvrantes au-delà des considérations religieuses ;
- la rareté des aliments fortifiés en vitamine D au Maroc ;
- le style de vie plus casanier des femmes par rapport aux hommes et probablement une insuffisance d'activités de plein air chez les deux sexes

Ces éléments confortent la situation des personnes souffrantes d'obésité et qui ne peuvent pas s'exposer au soleil ni pratiquer des activités.

L'hypovitaminose D plus fréquente chez les femmes que chez les hommes décrite dans notre étude dans la Région Souss Massa a été décrite d'autres régions au Maroc [17] et chez la population Caucasienne [21] et thaïlandaise [22]. Cependant, des cas d'hypovitaminose D masculine ont été rapportés chez des patients obèses en Norvège [20], [25]. De telles différences seraient probablement liées à des facteurs d'ordre culturel et/ou nutritionnel ou encore au mode de vie.

Selon notre étude, l'âge ne parait pas comme facteur qui régirait le statut en vitamine D. En effet, aucune corrélation significative n'a été enregistrée. Cependant certains auteurs ont reporté, dans certains cas, une corrélation négative significative entre le taux de vitamine D et l'âge ($r= -0.136$; $p = 0.02$) [26]. Une telle différence serait probablement à l'hétérogénéité des âges de notre échantillon.

Par ailleurs, l'analyse de l'IMC, en tant qu'outil de classification de la corpulence chez la population de la Région Souss Massa, a permis de mettre en évidence une corrélation négative très significative entre l'IMC et la concentration sérique en vitamine D (Coefficient de Pearson, $r = - 0.18$ ($p < 0.01$). Cette corrélation était surtout significative chez les femmes ($p < 0.01$) ; alors qu'elle ne l'est pas chez les hommes ($p = 0.37$). Une telle tendance a été décrite chez d'autres populations marocaines (régions Rabat et Fès) [16, 17, 18, 19] et celle de New Zélande [27]. Plusieurs études ont confirmé aussi l'existence de liens inverses entre l'hypovitaminose D et l'obésité [1, 23, 27] qui est liée négativement aux faibles taux sériques en vitamine D [14, 23, 24, 27, 28]. En effet, selon Touvier et al. [21], les sujets obèses ou ayant une insuffisance pondérale auraient un statut en vitamine D plus faible que celui des sujets de poids normal. La nuance sur la corrélation entre l'obésité et le taux sérique en vitamine D est apportée par l'étude sur la cohorte SuViMax [21]. Dans ce cadre, l'IMC serait insuffisant à utiliser comme critère d'association entre la concentration sérique en vitamine D et l'obésité. Ce paramètre ne reflète que la corpulence et non pas l'obésité. En effet, les personnes ayant un IMC important peuvent avoir un taux de graisse corporelle très faible, comme c'est le cas des culturistes ou des personnes ayants des œdèmes [21]. Par ailleurs, les corrélations de l'IMC avec d'autres variables comme le PG, le pli cutané ou d'autres mesures d'adiposité, seraient plus judicieux à utiliser car l'obésité est considérée comme un excès de tissu adipeux.

Concernant la relation entre le statut en vitamine D et le pourcentage de graisse corporelle, notre étude a révélé une association inverse très significative entre le taux sérique en vitamine D et le PG ($p < 0.01$). Ceci est compatible avec les résultats de certaines études qui ont confirmé que le degré d'adiposité était inversement lié à la concentration sérique en vitamine D

[8, 22, 23, 28]. Au-delà du style de vie des marocains, la faible concentration sérique en vitamine D chez les personnes obèses peut être due à un excès de graisse corporelle séquestrant la vitamine D synthétisée au niveau cutanée ou apportée par l'alimentation (vitamine liposoluble) ; ce qui diminue fortement sa biodisponibilité [7, 29]. L'hypothèse d'augmentation de l'utilisation de la vitamine D par les adipocytes (forte présence du VDR) pourrait aussi expliquer cette corrélation [1]. En effet, le tissu adipeux est le site de stockage de la vitamine D, dont l'implication dans le métabolisme du calcium semblerait jouer un rôle important dans la modulation du métabolisme des cellules adipeuses. Par ailleurs, il a également un effet sur leur prolifération à travers la concentration en calcium ionisé intracellulaire via les récepteurs de la vitamine D très actifs au niveau de la cellule adipeuse [1, 29]. Des études in vitro ont rapporté un rôle apoptotique par un apport en vitamine D sur les cellules adipeuses [1]. Ceci a été même démontré par deux études randomisées contrôlées par placebo et avec une supplémentation en vitamine D et en calcium chez des obèses [26, 30]. Ces études ont permis d'observer respectivement une réduction significative du tissu adipeux ($P < 0,001$) [26] et une perte significative de masse grasse, par rapport au groupe témoin ($P = 0,02$) [30].

Concernant la relation entre le statut en vitamine D et la graisse viscérale, notre étude n'a révélé de corrélation que chez les femmes ($r = - 0.16$; $p = 0.003$). Ces résultats sont probablement liés au fait que la synthèse de la vitamine D est plutôt attelé à la graisse sous cutanée qu'à la graisse viscérale.

Signalons que diverses corrélations ont été décrite entre vitamine D et graisse viscérale. En effet, des résultats obtenus par deux essais parallèles, en double aveugles, contrôlés par placebo avec du jus d'orange ordinaire ou du jus d'orange light, enrichis en vitamine D et en calcium, ont permis de montrer que la perte de poids ne diffère pas significativement entre les groupes (-2,45 kg) et que la réduction de la GV était significativement plus élevée ($P = 0,024$) dans le groupe du jus d'orange ordinaire enrichis que dans le groupe témoin. Des résultats similaires ont été observés dans le groupe de jus d'orange light, où la réduction de la GV était significativement plus importante dans le groupe enrichi en calcium et en vitamine D que dans le groupe témoin élevée ($P = 0,039$) [12]. Selon une étude sur 3890 personnes de la cohorte de Framingham le statut en vitamine D est fortement lié à la graisse sous-cutanée et surtout à la graisse viscérale [4].

Concernant la relation entre le statut en vitamine D et le tour de taille, nos résultats ont permis de mettre en évidence une corrélation inverse et significative entre le TDT et la concentration sérique en vitamine D ($p < 0.05$).L'étude sur la cohorte de Framingham a monté que les taux sériques en vitamine D étaient inversement corrélés au tour de taille [8].Une telle corrélation a été reportée par McGill et al. [27] qui ont démontré l'existence d'une relation inverse significative entre le statut en vitamine D et le tour de taille ($p < 0.03$) [27]. Cette relation serait expliquée par le fait que le tour de taille exprime chez les personnes obèses une importante quantité de graisse abdominale surtout chez les obésités androïdes caractéristique des hommes.

5 CONCLUSION

Malgré l'ensoleillement quasi constant de la Région Souss Massa, notre étude, qui est la première de son genre au Maroc, a permis de mettre en évidence un état d''hypovitaminose D de la population et surtout chez les femmes. Elle a permis aussi d'identifier certaines corrélations entre les taux sériques en vitamine D et les paramètres anthropométriques, notamment, l'âge, l'IMC, le PG, le TDT, ...

Nos résultats confirment l'hypothèse que l'obésité, l'IMC et la graisse corporelle seraient inversement associés aux faibles statuts en vitamine D.

Notre étude a le mérite de s'intéresser à la relation entre la vitamine D, l'obésité et la masse grasse. En revanche, elle compte certaines limites qui méritent son élargissement à d'autres régions. En outre, d'autres variables méritent d'être prises en compte pour mieux cerner les autres facteurs et leurs corrélations avec le statut en vitamine D. Citons à titre d'exemples l'apport nutritionnel en vitamine D, le rôle de l'activité physique, la durée d'exposition au soleil, les aspects génétiques et épigénétiques de l'hypovitaminose D et le polymorphisme des récepteurs de la vitamine D au sein de la population marocaine.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement les patients qui ont participé à l'étude et le personnel de l'Univers Santé à Agadir, le Service de Gynécologie, le Laboratoire d'Analyses Médicales du Centre Hospitalier Régional Hassan II, Pr KAAYA Abderrazak, Dr ERRACHIDI Houssein et Mr Hassan BENSAID pour leur aide et collaboration

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt

REFERENCES

[1] Sergeev I. N. (2016). Vitamin D-Cellular Ca^{2+} link to obesity and diabetes. *J. Steroid Biochem. Mol. Biol., Nov* 23, 164, pp 326-330.

[2] Wortsman J., Matsuoka L. Y., Chen T. C., Lu Z. and Holick M. F. (2000). Decreased bioavailability of vitamin D in obesity. *Am. J. Clin. Nutr., 72(3), pp 690-693*.

[3] Wacker M. and Holick M. F. (2013). Vitamin D: Effects on skeletal and extraskeletal health and the need for supplementation. *Nutrients, 5(1), pp 111-148.*

[4] Lips. P. (2007), Vitamin D status and nutrition in Europe and Asia. *J. Steroid Biochem. Mol. Biol., 103, pp 620-625.*

[5] Lips. P. and Van Schoor. N. (2011). Worldwide Vitamin D status. *J. Vitamin D, 3th edition, Volume I ; pp 947-963.*

[6] OMS. Obésité : prévention et prise en charge de l'épidémie mondiale (2003). *Série de Rapports techniques, 894, Année 2003.*

[7] Bouillon R. (2011). How to define optimal Vitamin D status. J. *Vitamin D, 3th edition, Volume I, pp 1067-1080.*

[8] Cheng S., Massaro J. M., Fox C. S., Larson M. G., Keyes M. J., Mc Cabe E. L., Robins S. J., O'Donnell C. J., Hoffmann U., Jacques P. F., Booth S. L., Vasan R. S., Wolf M., and Wang T. J. (2010). Adiposity, cardiometabolic risk, and vitamin D status: the Framingham Heart Study. *Diabetes, Jan, 59(1), pp 242-248.*

[9] Pereira-Santos M., Costa P. R., Assis A. M., Santos C. A., Santos D. B. (2015). Obesity and vitamin D deficiency: a systematic review and meta-analysis. *Obes. Rev., Apr., 16(4), pp 341-349.*

[10] Liu X., Xian Y., Min M., Dai Q., Jiang Y. and Fang D. (2016). Association of 25-hydroxyvitamin D status with obesity as well as blood glucose and lipid concentrations in children and adolescents in China. *Clin. Chim. Acta., Apr 1, 455, pp 64-67*.

[11] Vimaleswaran K. S., Cavadino A., Berry D. J., Jorde R., Dieffenbach A. K., Lu C., Alves A. C., Heerspink H. J., Tikkanen E., Eriksson J., Wong A., Mangino M., Jablonski K. A., Nolte I. M., Houston D. K., Ahluwalia T. S., Van der Most P. J., Pasko D. and Zgaga L., (2014). Association of vitamin D status with arterial blood pressure and hypertension risk: a mendelian randomisation study. *Lancet Diabetes Endocrinol., 2(9), pp 719-729.*

[12] Rosenblum J. L., Castro V. M., Moore C. E. and Kaplan L. M. (2012). Calcium and vitamin D supplementation is associated with decreased abdominal visceral adipose tissue in overweight and obese adults. *Am. J. Clin. Nutr., Jan. 2012, 95(1), pp 101-108.*

[13] Boonchaya-anant P., Holick M. F. and Apovian C. M. (2014). Serum 25-hydroxyvitamin D levels and metabolic health status in extremely obese individuals. *Obesity (Silver Spring), Dec. 2014; 22(12), pp 2539-2543.*

[14] Tidwell D. K., Valliant M. W. (2011). Higher amounts of body fat are associated with inadequate intakes of calcium and vitamin D in African American women. *Nutr. Res., Jul 2011; 31(7), pp 527-536.*

[15] Clifford J. R., S. A. Abrams, J. F. Aloia, P. M. Brannon, S. K. Clinton, R. A. Durazo-Arvizu, J. Ch. Gallagher, R. L. Gallo, G. Jones, Ch. S. Kovacs, J. E. Manson, S. T. Mayne, A. C. Ross, S. A. Shapses and Ch. L. Taylor .(2012) IOM Committee Members Respond to Endocrine Society Vitamin D Guideline. *J. Clin. Endocrinol. Metab., April 2012, 97(4), pp 1146 –1152.*

[16] Abourazzak F. E., Talbi S., Aradoini N., Berrada K., Keita S. and Hazry T. (2015). 25-Hydroxy vitamin D and its relationship with clinical and laboratory parameters in patients with rheumatoid arthritis. *Lin. Rheumatol. 2015 Feb., 34(2), pp 353-357.*

[17] El Maataoui A., Biaz A., El Machtani S., Bouhsain S., Dami A., El Maghraoui A. and Ouzzif Z. (2015). Vitamin D status in healthy Moroccan men and women aged 50 years and older: a cross-sectional study. *Arch Osteoporos, 2015 Dec., 11(1), pp 24.*

[18] El Maghraoui A., Sadni S., El Maataoui A., Majjad A., Rezqi A., Ouzzif Z. and Mounach A. (2015). Influence of obesity on vertebral fracture prevalence and vitamin D status in postmenopausal women. *Nutr. Metab. (Lond). 2015 Nov, 14, 12 pp 44*.

[19] Hmamouchi I., Paternotte S., Molto A., Etcheto A., Borderie D., Combe B. and Dougados M. (2016). Vitamin D, disease activity and comorbidities in early spondyloarthritis. *Clin Exp Rheumatol., 2016 May-Jun, 34(3), pp 396-403.*

[20] Smihrou F. (2011). Statut de la vitamine d chez la population marocaine âgée de plus de 50 ans. étude transversale). *Thèse de Doctorat en Pharmacie, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université Mohammed V, Rabat.*

[21] Touvier M., Deschasaux M., Montourcy M., Sutton A., Charnaux N., Kesse-Guyot E., Assmann K. E., Fezeu L., Latino-Martel P., Druesne-Pecollo N., Guinot C. Latreille J., Malvy D., Galan P., Hercberg S., Le Clerc S., Souberbielle J. C. and Ezzedine K. (2015). Determinants of vitamin D status in Caucasian adults: influence of sun exposure, dietary intake, sociodemographic, lifestyle, anthropometric, and genetic factors. *J. Invest. Dermatol., 2015 Feb., 135(2), pp 378-88*.

[22] Shantavasinkul P. C., Phanachet P., Puchaiwattananon O., Chailurkit L. O., Lepananon T., Chanprasertyotin S., Ongphiphadhanakul B. and Warodomwichit D. (2015). Vitamin D status is a determinant of skeletal muscle mass in obesity according to body fat percentage. *Nutrition. 2015 Jun. 31(6), pp 801-806.*

[23] Guasch A., Bulló M., Rabassa A., Bonada A., Del Castillo D., Sabench F. and Salas-Salvadó J. (2012). Plasma vitamin D and parathormone are associated with obesity and atherogenic dyslipidemia: a cross-sectional study. *Cardiovasc. Diabetol., 2012 Dec 11, pp 149.*

[24] Çizmecioğlu F. M., Etiler N., Görmüş U., Hamzaoğlu O. and Hatun Ş. (2008). Hypovitaminosis D in obese and overweight schoolchildren. *J. Clin. Res. Pediatr. Endocrinol., 1(2), pp 89-96*.

[25] Johnson L. K., Hofsø D., Aasheim E. T., Tanbo T., Holven K. B., Andersen L. F., Røislien J. and Hjelmesæth J. (2012). Impact of gender on vitamin D deficiency in morbidly obese patients: a cross-sectional study. *Eur. J. Clin. Nutr. 2012.*

[26] Salehpour A., Hosseinpanah F., Shidfar F., Vafa M., Razaghi M., Dehghani S., Hoshiarrad A. and Gohari M. (2012). A 12-week double-blind randomized clinical trial of vitamin D_3 supplementation on body fat mass in healthy overweight and obese women. *Nutr. J., 2012 Sep, 22, 11, pp 78*.

[27] McGill A. T., Stewart J. M., Lithander F. E., Strik C. M. and Poppitt S. D. (2008). Relationships of low serum vitamin D3 with anthropometry and markers of the metabolic syndrome anddiabetes in overweight and obesity. *Nutr. J., 2008 Jan 28, 7, pp 4*.

[28] Samuel L. and Borrell L. N. (2013). The effect of body mass index on optimal vitamin D status in U.S. adults: the National Health and Nutrition Examination Survey 2001-2006. *Ann. Epidemiol., 2013 Jul., 23(7), pp 409-414.*

[29] De Paula F. J. A. and Rosen C. J. (2011). Vitamin D and Fat. J. *Vitamin D. 3th edition volume I; 2011, pp 769-776.*

[30] Zhu W., Cai D., Wang Y., Lin N., Hu Q., Qi Y., Ma S., Amarasekara S. (2013). Calcium plus vitamin D_3 supplementation facilitated fat loss in overweight and obese college students with very-low calcium consumption: a randomized controlled trial. *Nutr. J., 2013 Jan. 8, 12, pp 8.*

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1591-1602
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Premières données du peuplement ichtyologique d'un plan d'eau d'agglomération : Le lac kaby de Bongouanou (Côte d'Ivoire)

[Preliminary data of the ichtyofauna population settlement of an agglomeration body of water : Kaby lake of Bongouanou (Côte d'Ivoire)]

Nathalie Akissi KOUADIO[1], Gouli GOORÉ BI[1], Stanislas Silvain YAO[1], Barthélemy Kouakou KOFFI[2], and Aristide Yao KONAN[1]

[1]Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Écotechnologie des Eaux, URF Biosciences, Université Félix Houphouët Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

[2]Départment des Sciences et Technologie, École Normale Supérieure, 08 BP 10 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The aim of this study is to make the qualitative and quantitative inventory of the fish population settlement of Kaby Lake. It was conducted every month from May 2017 to April 2018 on Lake Kaby in Bongouanou, in Côte d'Ivoire. Its objective is to characterize the fish fauna. To do this, experimental fisheries were made there, by means of a battery of six monofilament nets of meshs 15, 20, 25, 30, 40, and 60 mm. In this context, four (4) species, divided into three genera and three families, including *Oreochromis niloticus* (an introduced species), have been inventoried. The results of the study show that the fish population of Lake Kaby is dominated by Clariidae, with two (2) species accounting for 50% of the total fish fauna of this lake. In addition, the Cichlidae and Channidae families are monospecific, representing 25% of the population for each. Finally, this stand remains predominantly dominated by the species *Oreochromis niloticus* with 90.5 %, representing 76.43 % of the total biomass. Thys study allowed to make the first qualitative and quantitative inventory of the fish population settlement of Kaby lake. These results will serve as a reference for future investigations of this fish fauna and the development of appropriate arrangements to ensure the protection and sustainable exploitation of the services of this lake environment.

KEYWORDS: Ichtyofauna, Inventory, Diversity, Lake Kaby, Côte d'Ivoire.

RESUME: L'objectif de la présente étude est de faire l'inventaire qualitatif et quantitatif du peuplement ichtyologique du lac Kaby. Elle a été menée tous les mois, de mai 2017 à avril 2018, sur le lac Kaby, à Bongouanou, en Côte d'Ivoire. Pour ce faire, des pêches expérimentales y ont été faites, au moyen d'une batterie de six filets monofilaments de mailles 15, 20, 25, 30, 40, et 60 mm. Dans ce cadre, quatre (4) espèces, réparties entre trois genres et trois familles, dont *Oreochromis niloticus* (une espèce introduite), ont été inventoriées. Les résultats de l'étude montrent que le peuplement ichtyologique du lac Kaby est dominé par les Clariidae, avec deux (2) espèces, représentant 50 % de l'ensemble de l'ichtyofaune de ce lac. En outre, les familles de Cichlidae et de Channidae sont monospécifiques, soit 25 % du peuplement pour chaque famille. Enfin, ce peuplement reste majoritairement dominé par l'espèce *Oreochromis niloticus* avec 90,5 %, représentant 76,43 % de la biomasse totale. Cette étude a permis de faire le premier inventaire qualitatif et quantitatif de peuplement icthyologique du lac Kaby. Ces résultats serviront de références pour les investigations ultérieures de suivi de cette faune ichtyologique et à l'élaboration des aménagements adéquates pour assurer une protection et une exploitation durable des services de ce milieu lacustre.

MOTS-CLEFS: Ichtyofaune, Inventaire, Diversité, Lac Kaby, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La connaissance de l'ichtyofaune africaine a suscité, depuis longtemps, l'intérêt des scientifiques ([1], [2], [3], [4]) et les études sur la biologie et la connaissance des poissons d'eau douce et saumâtre africains se poursuivent ([5], [6], [7], [8]). En

Côte d'Ivoire, plusieurs études ont été menées sur le peuplement ichtyologique des cours d'eau de différentes régions ([9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16]).

Ces diverses recherches se sont focalisées, principalement, sur les grands bassins fluviaux et les lagunes. En revanche, la faune ichtyologique des petits plans et cours d'eau reste peu connue du monde scientifique, comme cela semble être le cas du lac Kaby dans le département de Bongouanou, à l'Est de la Côte d'Ivoire.

Et pourtant, ledit lac est soumis à plusieurs activités humaines, qui pourraient causer des perturbations, au niveau de sa biodiversité en général et celui de sa diversité ichtyologique en particulier. Aussi, serait-il opportun de constituer une base de données du peuplement ichtyologique, dans l'optique d'élaborer un plan de gestion durable et/ou un plan d'aménagements.

Pour ce faire, notre présent travail se propose de faire un inventaire tant qualitatif que quantitatif du peuplement ichtyologique du lac Kaby.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Le lac Kaby (figure 1) est un lac artificiel, logé dans la ville de Bongouanou avec une superficie de 35000 m^2. Il est situé entre la latitude 6° 23' 4" Nord et la longitude 4° 7' 12" Ouest. Ce lac a été construit à partir d'une nappe souterraine pour alimenter les populations en eau potable, en remplacement du lac sacré Sokotè. Le lac Kaby est ravitaillé principalement en par le lac Sokotè situé en amont, et par les eaux de ruissellement. Il est limité à l'Est par les bureaux de la Commission Electorale Indépendante (C.E.I), au Sud par les bureaux du Conseil régional du Moronou. Le Nord et l'Ouest sont occupés par des cultures maraichères et des pépinières d'hévéa et des habitations. Le lac Kaby a une végétation assez variée, composée plusiuers espèces dont : *Borassus aethiopum*, *Musa saprentum*, *Carica papaya, Cocos nucifera*, *Panicum maximum*, *Imperata cylindrica*, *Elaeis guineensis*. L'on peut observer, sur les berges, quelques herbacées et une pépinière d'essences forestières.

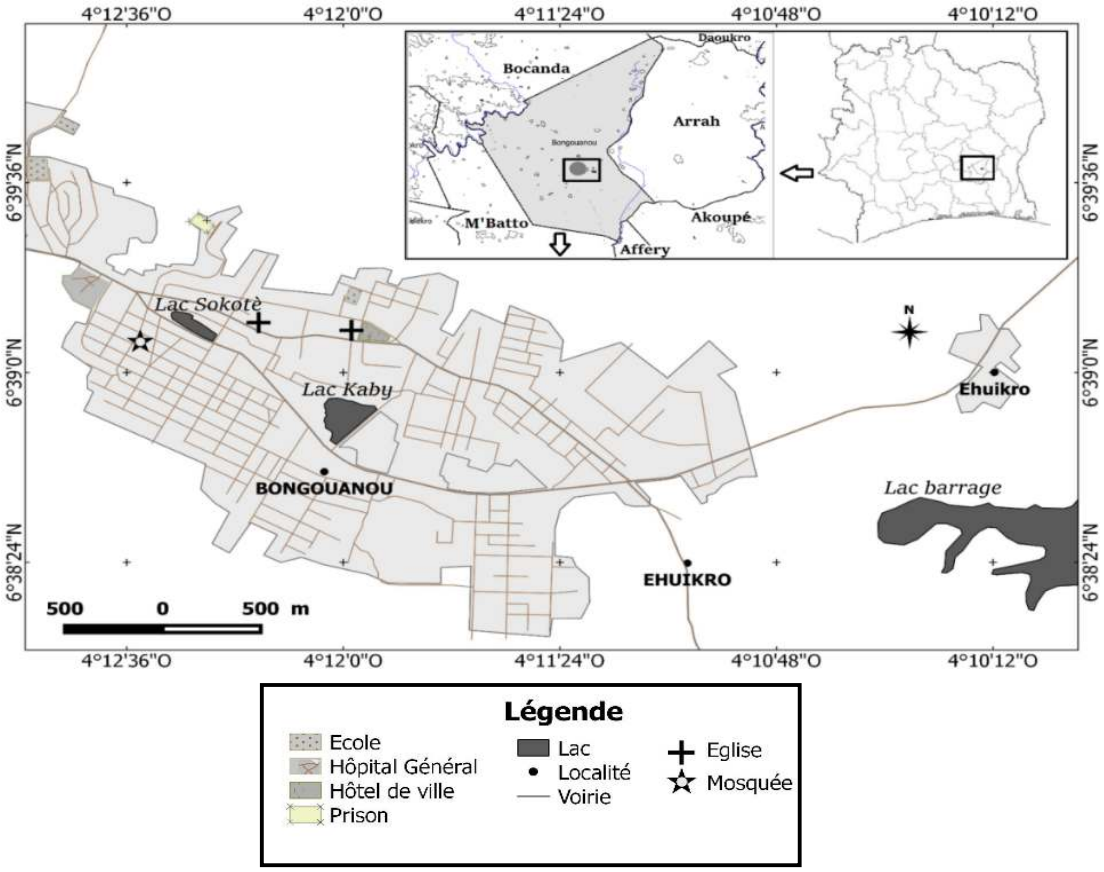


Fig. 1. Localisation géographique du lac Kaby

2.2 ÉCHANTILLONNAGE ET IDENTIFICATION DES POISSONS

Pour conduire notre étude, nous avons effectué des pêches expérimentales, de façon mensuelle, entre mai 2017 et avril 2018. Au niveau technique, nous nous sommes servis d'une batterie de six filets monofilaments de mailles 15, 20, 25, 30, 40, et 60 mm. Ce matériel a été régulièrement posé à 17 h, et relevé le lendemain matin à 6 h 30 mn, pour les pêches nocturnes et reposé à 7 h et relevée à 14 h pour les pêches diurnes. Les poissons obtenus sont ensuite regroupés, comptés et identifiés à l'aide des clés de détermination de [17] et [18]. Chaque poisson est mesuré (longueur standard, longueur totale) à l'aide d'un ichtyomètre millimétré puis pesé à l'aide d'une balance électronique de type ADAM HCB 123.

2.3 ANALYSE ET TRAITEMENT DES DONNÉES

Les données collectées ont été analysées à l'aide des pourcentages, numérique (% N) et pondérale (% P) d'une part et d'autre part, grâce à des différents indices biologiques (Shannon-Weaver et Equitabilité). Ces indices ont été calculés à partir des effectifs à l'aide du logiciel Past. Toutes ces analyses ont été réalisées respectivement selon les formules suivantes :

N = n/Nt × 100, avec: n = Nombre d'individus d'un groupe taxinomique (espèce, famille, ordre) et Nt = Nombre total d'individus dans un milieu;

P = p/Pt × 100, avec: p = Masse des individus d'un groupe taxinomique (espèce, famille, ordre) et Pt = Masse totale des individus d'un prélèvement.

$H' = -\sum_{i=1}^{i=s} p_i \times \log_2 p_i$, avec: $P_i = ni/N$, S = Nombre d'espèces, N = Somme des effectifs des espèces, Ni = Effectif de la population liée à chaque espèce et Pi = Abondance relative de l'espèce i dans l'échantillon;

$E = H'/\text{Log}_2 S$, Avec: H' = Indice de diversité spécifique de Shannon et de Weaver et S = Richesse spécifique.

Il est à noter que l'indice de diversité spécifique de Shannon et Weaver (H') mesure le degré d'organisation du peuplement. Il est compris entre 0 et 5 [19]. L'équitabilité (E) permet d'apprécier la qualité de cette organisation ([20], [21]). Elle varie entre 0 et 1.

L'analyse de la structure des classes de tailles des poissons capturés va fournir des informations utiles, notamment sur l'état d'une population donnée (recrutement et succès de reproduction, niveau d'exploitation des ressources, événement ponctuel affectant le recrutement pour une année donnée). Les longueurs standards (LS) obtenues, des différents individus (toutes espèces confondues) retenus, pour cette étude, ont été regroupées en classes de tailles. Par ailleurs, la détermination du nombre et des longueurs des classes de taille s'est faite sur la base de la règle de Sturge [22] suivante: Nombre de classes = $1+ (3{,}3 \log_{10} n)$

Intervalle = (LS max – LS min) / Nombre de classe

Où : n = nombre total de spécimens examinés;

LS max = longueur standard maximale des poissons;

LS min = longueur standard minimale des poissons.

3 RÉSULTATS

3.1 INVENTAIRE QUALITATIF DU PEUPLEMENT

Les résultats des captures de poissons sont consignés dans le tableau 1. Au total, 790 individus de poissons ont été capturés dans le lac Kaby de mai 2017 à avril 2018. Ces poissons se répartissent entre 4 espèces (*Oreochromis niloticus*, *Clarias anguillaris*, *Clarias buettikoferi* et *Parachanna obscura*) dont une espèce introduite (*Oreochromis niloticus*). Ces espèces appartiennent à deux ordres (les Perciformes et les Siluriformes) répartis entre trois familles (Cichlidae, Clariidae et Channidae) et trois genres (*Oreochromis*, *Clarias* et *Parachanna*).

Tableau 1. Liste des espèces de poissons récoltées dans le lac Kaby (Bongouanou, Côte d'Ivoire) de mai 2017 à avril 2018

Ordres	Familles	Genres	Espèces
Perciformes	Cichlidae	*Oreochromis*	*Oreochromis niloticus* (Linné, 1758)
	Channidae	*Parachanna*	*Parachanna obscura* (Günther, 1861)
Siluriformes	Clariidae	*Clarias*	*Clarias anguillaris* Linnaeus, 1758
			Clarias buettikoferi Steindachner, 1894
2	3	3	4

3.2 INVENTAIRE QUANTITATIF DU PEUPLEMENT

L'analyse quantitative du peuplement du lac Kaby montre que l'espèce la plus abondante est *Oreochromis niloticus* (Cichlidae), avec un pourcentage numérique 90,5 % de l'effectif suivi respectivement par *Clarias anguillaris* (5,82 %), *Parachanna obscura* (3,03 %) et par *Clarias buettikoferi* (0,63 %) (Figure 2). *O. niloticus* domine également le peuplement en termes de biomasse, avec un pourcentage pondéral de 76,43 % suivi de *C. anguillaris* (14,02 %), de *P. obscura* (8 %) et de *C. buettikoferi* (1,53 %) (Figure 3). Quant aux familles, les Clariidae dominent avec 50 % du peuplement. Les Cichlidae et les Channidae sont représentés par une seule espèce chacune dont 25 % par famille (figure 4).

Les indices de diversité de Shannon-Weaner et d'Equitabilité ont été calculés. Ils sont respectivement de 0,39 et de 0,28.

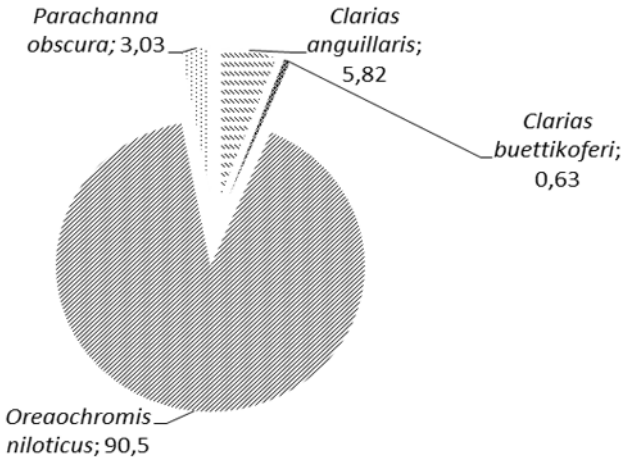


Fig. 2. Pourcentage numérique des espèces de poissons échantillonnés dans le lac Kaby (Bongouanou, Côte d'Ivoire) de mai 2017 à avril 2018

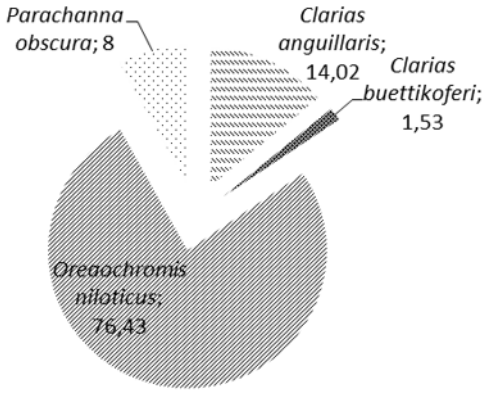


Fig. 3. Pourcentage pondéral des espèces de poissons échantillonnés dans le lac Kaby (Bongouanou, Côte d'Ivoire) de mai 2017 à avril 2018

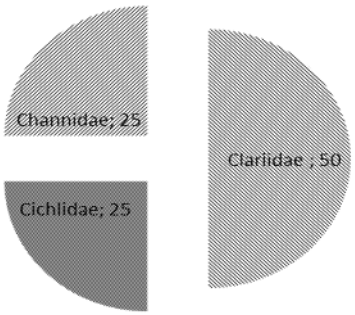


Fig. 4. Pourcentage numérique des familles de poissons échantillonnés dans le lac Kaby (Bongouanou, Côte d'Ivoire) de mai 2017 à avril 2018

3.3 VARIATION SAISONNIÈRE

L'analyse qualitative de la variation saisonnière, du peuplement ichtyologique échantillonné dans le lac Kaby (tableau 2), lors de cette étude, montre que le nombre d'individus (435), capturés pendant la saison sèche (quatre espèces) (*Oreochromis niloticus*, *Clarias anguillaris*, *Clarias buettikoferi* et *Parachanna obscura*), est plus élevé que ceux de la saison de pluie (355 individus), qui présente trois espèces (*Oreochromis niloticus*, *Clarias anguillaris* et *Parachanna obscura*).

L'analyse quantitative montre que *O. niloticus* domine numériquement les deux saisons (figure 5 A et B). Par contre, en saison pluvieuse, le pourcentage de cette espèce (92,11 %) est supérieur à celui de la saison sèche (89,19 %). Lors de la saison de pluie, *C. anguillaris* et *P. obscura* ont une même valeur du pourcentage numérique (3,94 %), tandis qu'elles diffèrent pendant la saison sèche avec un pourcentage de 7,35 % pour *C. anguillaris* et 2,29 % pour *P. obscura*. En termes de biomasse, *O. niloticus* domine le peuplement des deux saisons (figure 6 C et D) avec 82,34 % du pourcentage pondéral suivi de *P. obscura* (10,09 %) et de *C. anguillaris* (7,55 %) en saison de pluie (figure 6C) contre 72,54 % suivi de *C. anguillaris* (18,28 %), de *P. obscura* (6,62 %) et de *C. buettikoferi* (2,54 %) en saison sèche (figure 6D).

Tableau 2. Liste des espèces de poissons récoltées dans le lac Kaby (Bongouanou, Côte d'Ivoire) en fonction des saisons sèche et pluivieuse

				Saison pluvieuse	Saison sèche
Ordres	**Familles**	**Genres**	**Espèces**		
Perciformes	Cichlidae	*Oreochromis*	*Oreochromis niloticus*	+	+
	Channidae	*Parachanna*	*Parachanna obscura*	+	+
Siluriformes	Clariidae	*Clarias*	*Clarias anguillaris*	+	+
			Clarias buettikofer		+
2	3	3	4	3	4

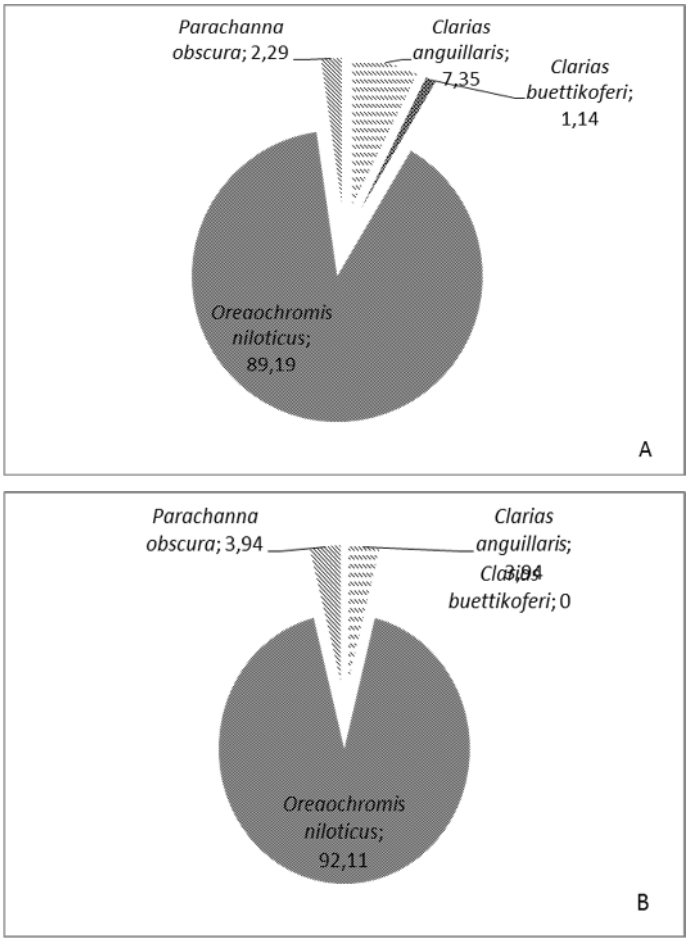


Fig. 5. Pourcentage numérique des espèces de poissons échantillonnés dans le lac Kaby pendant les saisons sèche (A) et pluvieuse (B)

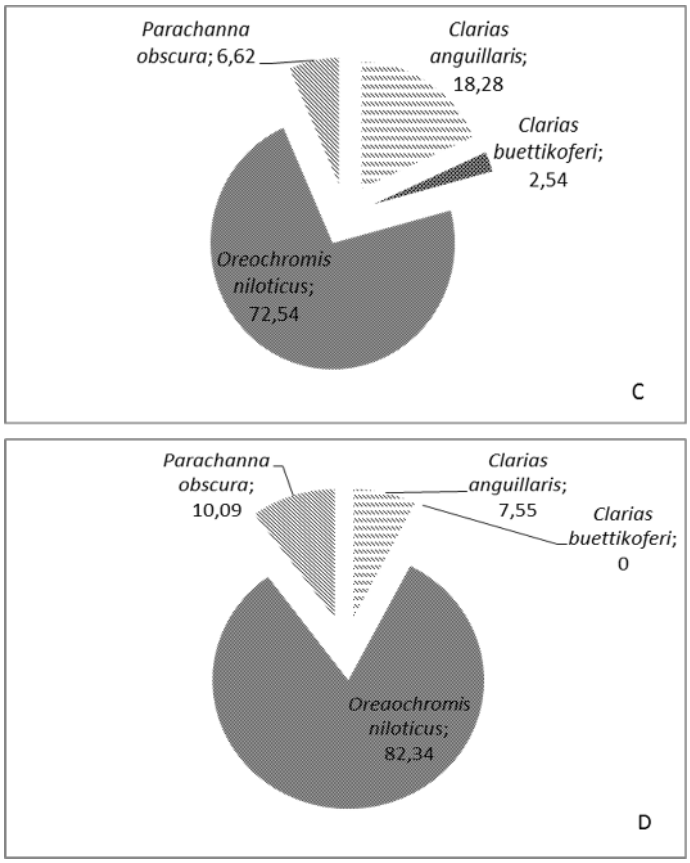


Fig. 6. Pourcentage pondéral des espèces de poissons échantillonnés dans le lac Kaby pendant les saisons seche (C) et pluivieuse (D)

3.4 STRUCTURE EN TAILLE DES POISONS

Les histogrammes de la figure 7 montrent l'étude de la structure en taille du peuplement icthologique de Kaby. Ils concernent les espèces : *Oreochromis niloticus*, *Clarias anguillaris* et *Parachanna obscura*. Les populations des trois espèces étudiées présentent toutes des structures unimodales. Chez *O. niloticus*, les individus ont une longueur standard comprise entre 53 et 245 mm. La classe de taille, présentant le plus grand effectif, se situe entre 90 et 110 mm LS avec 247 individus. Chez *C. anguillaris*, les spécimens capturés ont une longueur standard variant entre 131 et 517 mm. La classe de tailles, qui se dégage, est la tranche comprise entre 195 et 260 mm LS avec 28 individus. Chez *P. obscura*, les individus ont une longueur standard comprise entre 95 et 331 mm. Le pic est observé chez les individus de taille variant entre 240 et 290 mm LS avec un effectif de 11 individus.

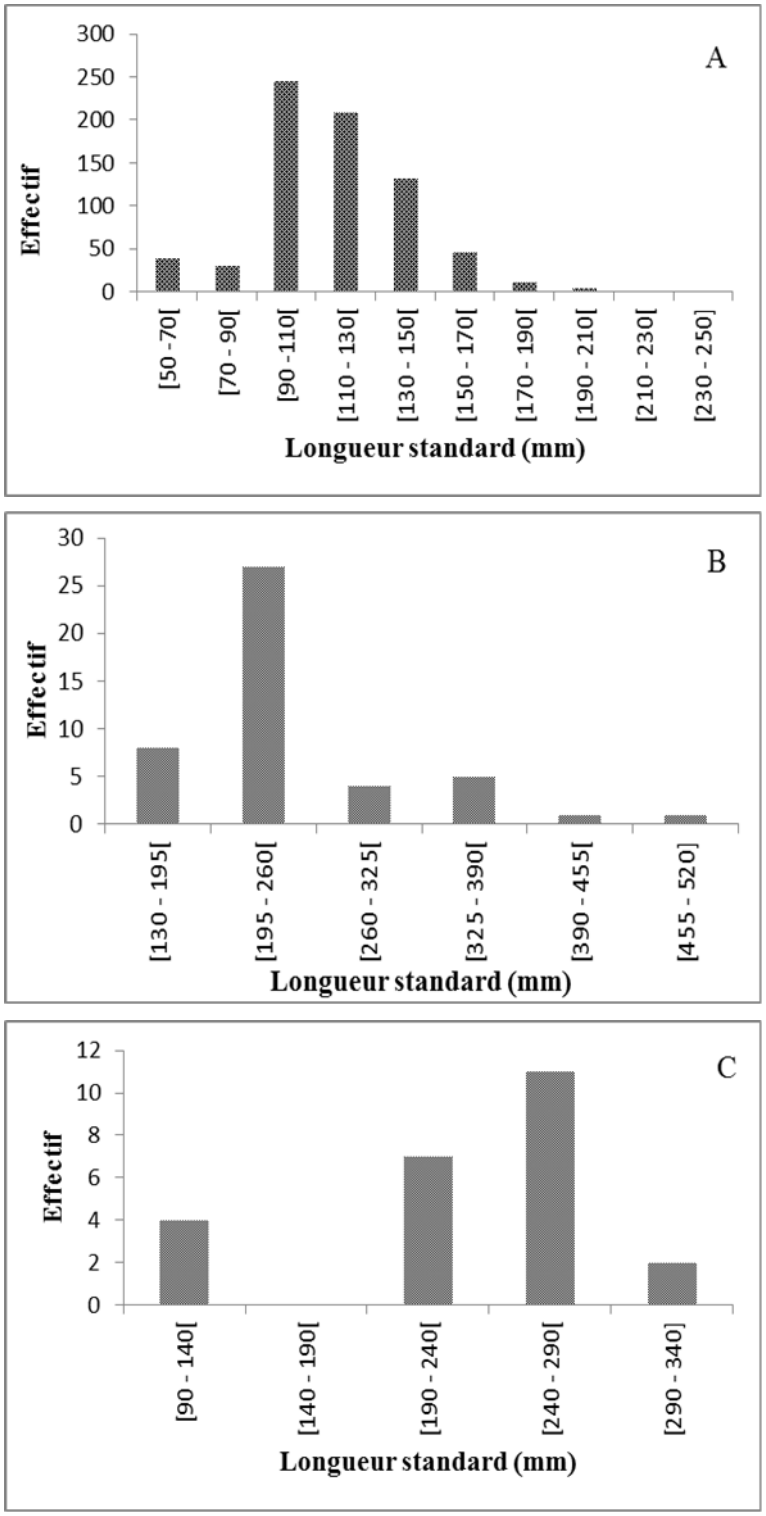


Fig. 7. Distribution des fréquences de taille chez les spécimens de Oreochromis niloticus (n = 715) (A), Clarias anguillaris (n = 46) (B) et Parachanna obscura (n = 24) (C) capturés dans le lac Kaby de mai 2017 à avril 2018.

4 DISCUSSION

L'échantillonnage réalisé durant cette étude, dans le lac Kaby, a permis de recenser quatre (4) espèces de poissons. La richesse spécifique obtenue est très faible comparée aux autres études réalisées sur le peuplement des lacs de barrage ([23], [14], [24]) et dans le complexe lagunaire Aby-Tendo-Ehy [16]. Cette faible richesse s'expliquerait soit par la superficie du lac, qui n'est pas grande soit par l'origine du lac, soit par son alimentation, ou encore par son environnement. Concernant sa superficie, la reference [25] montre que les peuplements sont d'autant plus riches que les habitats sont plus diversifiés et lorsque la surface du bassin augmente. Concernant son origine et son alimentation, mentionnons que le lac Kaby a été créé à partir d'une nappe souterraine. Il est alimenté seulement par le lac sacré Sokotè qui est lui-même d'origine souterraine et les eaux de ruissellement, pendant les saisons de fortes pluies. En plus, Kaby n'a pas d'affluent, c'est-à-dire qu'il n'est pas en contact avec d'autres écosystèmes aquatiques, d'où il pourrait bénéficier de son peuplement ([26]. Les références [27] et [28] affirment que la richesse spécifique dépend en outre de la taille du bassin versant et du régime hydrologique du fleuve, des connexions existant entre l'estuaire et les écosystèmes amont et aval, de la région biogéographique.

A propos de son environnement immédiat, cette faible diversité pourrait être un indicateur de stress du milieu d'autant plus que l'écosystème subit l'influence de plusieurs activités anthropiques dont la pêche, les cultures maraichères aux alentours du lac et le déversement d'eaux usées domestiques. *Oreochromis niloticus* domine le peuplement de Kaby avec un pourcentage numérique de 90,5 %. Il est également possible que cette espèce de poissons trouve dans ce milieu, à forte pression anthropique, un habitat propice à son développement et à sa reproduction. La reference [29] indique que les Cichlidae présentent de grandes facilités d'adaptation. En outre, toutes les eaux usées de la ville se déversent dans le lac, drainant toutes sortes de déchets. En effet, *O. niloticus* est une espèce relativement euryèce et eurytope adaptée à de larges variations des facteurs écologiques du milieu aquatique et colonisant des milieux extrêmement variés ([30], [31]). Or, *O. niloticus* domine ce milieu avec une biomasse totale de 76,43 %. On peut donc en déduire que cette espèce est capable de s'adapter à tous les milieux des eaux douces et saumâtres et qu'elle peut également se nourrir convenablement dans ce milieu ; toute chose qui pourrait expliquer l'augmentation de sa masse. En fait, *O. niloticus* a été introduit, pour la première fois en Côte d'ivoire, en 1972 à Bouaké. De nos jours, elle se retrouve dans les lagunes, les lacs et les rivières.

Nos résultats concernant l'abondance numérique sont similaires à ceux obtenus par [32] et [24] respectivement dans le lac Sahélien de Higa et le lac d'Ayamé 2. En plus, *O. niloticus* est accompagné de deux espèces de Clariidae et une espèce de Channidae, qui sont des nettoyeurs d'étang. Kaby se comporterait donc comme un étang piscicole.

L'indice d'Equitabilité (0,28) indique que ce lac semble être dans un état écologique perturbé. Cette situation s'expliquerait par son anthropisation, en l'occurrence par les cultures maraichères le long du lac et parfois par le drainage des eaux usées, des pneus et des déchets plastiques via plusieurs canaux. La reference [19] montre que l'indice de diversité spécifique de Shannon et Weaver mesure le degré d'organisation du peuplement. Or, notre indice de diversité spécifique de Shannon est de 0,39 ; ce qui traduit une mauvaise organisation du peuplement. En plus, les références [20], et [21] montrent qu'une Equitabilité faible traduit la prédominance de quelques espèces sur l'ensemble des autres taxons, et *O. niloticus* prédomine le peuplement.

L'analyse de la variation saisonnière de l'abondance totale du peuplement ichtyologique montre qu'il y a plus de poissons capturés (435) lors des saisons sèches que pendant les saisons pluvieuses (355 individus). Ce résultat pourrait s'expliquer par une augmentation du volume d'eau favorisant la migration des poissons des sites propices pour la frayère. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par [33]. En effet, ces auteurs affirment que ces variations saisonnières sont liées soit aux changements comportementaux des individus, qui deviennent plus ou moins vulnérables aux engins de pêche, ou soit aux migrations des populations.

L'analyse quantitative montre que *O. niloticus* domine numériquement les deux saisons avec un pourcentage de 89,19 % à la saison sèche contre 92,11 % à la saison pluvieuse. Ce résultat est dû au fait qu'à la saison pluvieuse, il y a moins d'espèces capturées que pendant la saison sèche. Concernant le pourcentage pondéral, la biomasse de *O. niloticus* et de *P. obscura* est plus élevée en saison pluvieuse, qu'en saison sèche. Cela pourrait s'expliquer par l'abondance de nutriments apportés par les eaux de ruissellement et les eaux usées alimentant le lac. La reference [34] indique qu'en saison de crue, il y a une quantité plus importante de matières organiques allochtones et de nutriments dissous dans les milieux aquatiques. Nos résultats sont conformes aux résultats obtenus par [35] pour *Thysochromis ansorgii*. La biomasse de *C. anguillaris* est plus élevée en saison sèche qu'en saison pluvieuse. Ce résultat est dû au fait que les *Clarias* ne sont pas dispersés mais se retrouvent rassemblés dans la vase pour se nourrir donc aptes à être capturés.

La majorité des classes de tailles est bien répartie chez ces trois espèces. Ceci est un indice de populations de poissons en bonne santé [36]. La taille maximale obtenue chez *O. niloticus* est 245 mm LS. Malgré la forte pression anthropique autour du lac, la taille maximale de cette espèce est supérieure aux tailles maximales de *O. niloticus* capturé à N'Zianouan (190 mm),

à Tiassalé (177 mm) et à Singrobo (190 mm) par [37]. Il est donc remarqué que *O. niloticus* se développe bien dans ce milieu. En plus, la plupart des classes de tailles sont représentées dans les captures. Ceci s'explique par le fait que cette espèce a une forte capacité de reproduction d'où son utilisation en aquaculture [38]. Concernant *C. anguillaris*, la taille maximale (517 mm LS) obtenue chez cette espèce est inférieure à celle obtenue à Tiassalé (907 mm) et supérieure à celle obtenue à Singrobo (450 mm) par [37]. La longueur standard de *C. anguillaris* obtenue dans le lac Kaby est moyenne par rapport aux valeurs obtenues par [37]. Ce résultat s'expliquerait par le fait que malgré le milieu anthropisé, *C. anguillaris* se développe assez bien. Chez *P. obscura*, la taille maximale (331 mm LS) est pratiquement identique aux tailles obtenues par [37] dans les trois milieux (365 mm LS). *P obscura* s'adapterait aux milieux à forte pression anthropique. La reference [39] a montré que *C. anguillaris* et *P. obscura* sont des espèces tolérantes. En plus, certains auteurs affirment que les espèces omnivores ont été classées tolérantes car selon plusieurs auteurs [40], [41] et [42], les omnivores sont utilisés pour mesurer la dégradation du milieu.

5 CONCLUSION

Cette étude a permis d'établir pour la première fois une liste de la faune ichtyologique du lac Kaby dans la ville de Bongouanou. Pour ce faire, il a été fait un inventaire de quatre espèces de poissons, appartenant à trois genres et trois familles, en vue de constituer une base de données du peuplement ichtyologique de ce lac artificiel. Les résultats de cette étude pourraient servir des données de références et enrichiraient, si possible, le répertoire national de l'ichtyofaune.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Mrs MOTCHIE Fato Edouard et FOFANA Nahon ainsi que les pêcheurs qui ont aidé à la collecte des données sur le terrain. Nous remercions également le Dr. BOGUHE Gnonleba Franck et les Doctorants du Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Écotechnologie des Eaux de l'Université Félix HOUPHOUET- BOIGNY de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire).

REFERENCES

[1] Albaret J. J., Les peuplements de poissons en Casamance (Sénégal) en période de sécheresse. *Revue Hydrobiologie Tropicale*. 20 (3-4) : 291-310, 1987.

[2] Gourène G., Teugels G. G., Hugueny B. & D. F. E. T. Van Den Audenaerde, Évaluation de la diversité ichtyologique d'un bassin ouest-africain après la construction d'un barrage. *Cybium*, 23: 147-160, 1999.

[3] Ahouansou M. S., *Étude de l'écologie et de la production halieutique du lac Toho au Bénin.* Mémoire de DESS, 89 p. Université d'Abomey-Calavi, Cotonou (Bénin), 2003.

[4] Lalèyè P., Niyonkuru C., Moreau J. & Teugels G. G., Spatial and seasonal distribution of the ichtyofauna of Lake Nokoué, Bénin, West Africa. *Afr. J. Aquat. Sci*., 28: 151-161, 2003.

[5] Lévêque C., Paugy D. & Teugels G. G., Faune des poissons d'Eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. *Collection Faune tropicale*, XXVIII.Vol. 1. Pp 1-384. Paris : ORSTOM ; Tervuren : MRAC, 1990.

[6] Lévêque C., Paugy D. & Teugels, G. G., Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. *Collection Faune tropicale*, XXVIII. Vol. 2 : 385-902, 1992.

[7] Lalèyè P., Écologie comparée de deux espèces de *Chrysichthys*, poisons siluriformes (Claroteidae) du complexe lagunaire lac Nokoué-lagune de Porto-Novo au Bénin. Thèse de doctorat, 152 p. Université de Liège (Belgique), 1995.

[8] Crespi V., Preliminary study on the fishery resources of the River Niger in the Upper Niger National Park, Guinea. *Fish. Manag. Ecol*., 5: 201-208, 1998.

[9] Da Costa K. S., Gourène G., Tito De Morais L. & Van Den Audenaerde D. F .E. T., Caractérisation des peuplements ichtyologiques de deux fleuves côtiers ouest-africains soumis à des aménagements hydro-agricoles et hydroélectriques. Vie et milieu 50 (2) : 65-77, 2000.

[10] Kouamélan E. P., Teugels G. G., N'Douba V., Gooré Bi G. & Koné T., Fish diversity and its relationships with environnemental variables in a Africain basin. Hydrobiologia 505: 139-146, 2003.

[11] Yao S. S., Contribution à l'étude de la diversité biologique et de l'écologie alimentaire de l'ichtyofaune d'un hydrosystème ouest africain : cas du bassin de la Comoé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat. Université Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire. 194p, 2006.

[12] Kouadio N. F., Kouamélan E.P., N'Douba V., Koné T., Snoeks J. & Ollevier F., Update of fisch and impact of human activities on the community structure, Mé River (Ivory Coast). *Journal of Biological Sciences* 6 : 805-814, 2006.

[13] Kouamé K. A., Diversité biologique et habitudes alimentaires de quelques espèces de poisons dans le cours inférieur du bassin du fleuve Sassandra (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat. Université Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire. 219 p, 2010.

[14] Aboua B. R. D., Développement d'un indice d'intégrité biotique piscicole pour la préservation de la biodiversité du fleuve Bandama. Thèse de Doctorat. Université Félix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire. 227 p, 2012.
[15] Kamelan T. M., Yao S. S., Kouamé K. A., N'Zi K. G. & Kouamélan E. P., Ichtyofaune de la rivière Dodo, Côte d'Ivoire : mise à jour et influence des variables environnementales sur la distribution des espèces. *Journal of Applied Biosciences* 71 : 5773-5785, 2013a.
[16] Koffi K. B., B. R. D. Aboua, T. Koné & M. Bamba., Fish distribution in relation to environmental caracteristics in the Aby-Tendo-Ehy lagoon system (Southeastern Côte d'Ivoire). *African Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 8(7), pp. 407-415, 2014a, 2014.
[17] Paugy D., Lévêque C. & Teugels G. G. (eds), Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome 1. IRD (Paris), MNHN (Paris), MRAC (Tervuren). 457 p, 2003a.
[18] Paugy D., Lévêque C. & Teugels G. G. (eds), Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome 2. IRD (Paris), MNHN (Paris), MRAC (Tervuren). 815 p, 2003b.
[19] Ludwig J. A. and Reynolds J. F., Statistical ecology : A primer on methods and computing. John Wilez & Sons, New York, 7 p, 1988.
[20] Dajoz R., Précis d'écologie (7ème édition) Dunod. Paris 615 p, 2000.
[21] Barbault R., Ecologie générale : Structure et fonction de la biosphère. 5ème édition, Dunod, Paris. 326 p, 2000.
[22] Scherrer B., L'inférence statistique : les tests d'hypothèse *in Biostatistique* (Gaëtan M. M., éd) 1ere édition, Paris, 487p, 1984.
[23] Tah L., Da Costa K. S., Kouassi N. J. & Moreau J., Effort de pêche et production exploitée au lac d'Ayamé 1 (Bassin de la Bia ; Côte d'Ivoire) après le depart des pêcheurs "Bozos". Agronomie Africaine 21 (1) : 103-115, 2009.
[24] Adou Y. E., Blahoua K. G., Bamba M., Yao S. S., Kouamélan E. P. & N'Douba V., Premières données sur l'inventaire du peuplement ichtyologique d'un lac ouest Africain situé entre deux barrages hydroélectriques : lac d'Ayamé 2 (Côte d'Ivoire), 2017.
[25] Hugueny B., Richesse des peuplements de poissons dans le Niandan (Haut Niger, Afrique) en fonction de la taille de la rivière et de la diversité du milieu. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale,* 23: 351–364, 1990.
[26] Lalèyè P., Chikou A., Philippart J. C., Teugels G. G. & Vandewalle P., Étude de la diversité ichtyologique du bassin du fleuve Ouémé au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Cybium*, 28: 329-339, 2004.
[27] Day J. H., Grindley J. R., The estuarine ecosystem and environmental constraints ; P 345-373 in Day (Ed) : Estuarine ecology with particular reference to South Africa ; Balkema, Rotterdam, 1981.
[28] Yanez-Arancibia A., Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons ; towards an ecosystem integration. UNAM Press, Mexico, 654 pp, 1985.
[29] Philippart, J. C. and J. C. Ruwet, Ecology and distribution of tilapias. Proceedings of the International Conference on the Biology and Culture of Tilapias 1: 15-59, 1982.
[30] Fishelson L. et Yaron Z., *The First International Symposium on tilapia in* Aquaculture, Nazareth, Israel, 8-13 May 1983. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel, 624p, 1983.
[31] Plisnier P. D., Micha J.C1. & Frank V., Biologie et exploitation des poissons du lac Ihema (Bassin de l'Akagera, Rwanda). Presses Universitaires de Namur, Namur, Belgique, 212 p, 1988.
[32] Ouédraogo R., Soara A. E. & Oueda A., Description du peuplement piscicol du lac Sahélien de Higa, un site Ramsar du Burkina Faso, Afrique de l'Ouest. *Journal of Applied Biosciences* 95 8958-8965, 2015.
[33] Bédia A. T., Etilé N. R., Blahoua K. G. & N'Douba V., Diversité, Structure du Peuplement et Production d'une Lagune Tropicale ouest africaine: Lagune Potou (Côte d'Ivoire). International Journal of Innovation and Applied Studies. Vol. 19 No. 2, pp. 449-462, 2017, 2017.
[34] Castillo-Rivera M., Influence of rainfall pattern the seasonal variation of fish abundance in a tropical estuary wiht restricted marine communication. *Journal of water resource and protection*, 5 : 311-319, 2013.
[35] Konan Y. A., Diversité de l'ichtyofaune et caractéristiques bioécologiques de *Clarias buettikoferi* et *Thysochromis ansorgii* dans la forêt des marais Tanoé-Ehy en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat. Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan (Côte d'Ivoire). 216 p, 2014.
[36] ERBIO, Etude sur l'ichtyofaune d'eau douce pour le projet kaniambo. Rapport d'inventaire. Etude environnementale de base. Rapport final 201 p, 2001a.
[37] Kien K. B., Activités de pêche sur le fleuve Bandama (Côte d'Ivoire) : impact sur l'organisation du peuplement des poissons du cours inférieur et conséquences socio-économiques. Thèse de Doctorat. Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan (Côte d'Ivoire). 228 p, 2017.
[38] Lévêque C. et Paugy D., Impacts des activités humaines. *In* : Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie, utilisation par l'homme. (Lévêque C. et Paugy D., eds). IRD Edition. Paris. 521 p, 1999.

[39] Gooré Bi G., Impact des activités humaines sur les communautés de poissons dans les systèmes aquatiques de la zone côtière ivoirienne : Établissement d'un Indice d'Intégrité Biotique (IIB). Thèse d'Etat. Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire). 193 p, 2009.

[40] Karr J. R., Fausch K. D., Angermeier P. L., Yant P. R. & Schlosser I. J., Assessing biological integrity in running waters – a method and its rationale.*Illinois Natural History Survey*, special publication, 5 Urbana, 28p, 1986.

[41] Oberdorff T. & R. M. Hughes, Modification of an index of biotic integrity based on fish assemblages to characterize rivers of the Seine Basin, France. *Hydrobiol.*228 : 117-130, 1992.

[42] Kamdem Toham A. & Teugels G. G., First data on an Index of Biotic Integrity (IBI) based on fish assemblages for the assessment of the deforestation in a tropical West Africa River. *Hydrobiologia*, 397:29-38, 1999.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1603-1613
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Valorisation de l'attapulgite de Pout comme inhibiteur de corrosion du fer à béton Fe500-3 dans la solution interstitielle du béton

[Valorization of Pout attapulgite as corrosion inhibitor for Fe500-3 concrete reinforcing iron in the interstitial solution of concrete]

Malang Bodian[1], Dame Keinde[2], Alpha Ousmane Touré[2], Prince Momar Gueye[2], and Modou Fall[1]

[1]Département de Chimie, Laboratoire de Chimie Physique Organique et d'Analyses Environnementales, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal

[2]Département de Génie Civil, Laboratoire de Matériaux de génie Civil (LMGC), Ecole Supérieure Polytechnique de Dakar, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal

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

ABSTRACT: The behavior of Fe500-3 iron was studied in the interstitial solution of mortar concrete, formulated from sand, cement, water, admixtures and in the presence of a clay (attapulgite) added as corrosion inhibitor. Indeed, in most cases in Senegal, mixing water and sand used in concrete formulations for buildings are subject to no treatment. The study solution was synthesized from these concretes at the 3rd, 7th and 28th day of wet cure. Fe500-3 iron corrosion tests in the interstitial concrete solution were carried out by monitoring the free corrosion potential, Tafel polarization curves and electrochemical impedance spectroscopy measurement. The protective power of attapulgite was also evaluated by electrochemical methods with different levels of inhibitor (0 to 20%). The measurements reveal a probable attack of Fe500-3 iron at the 3rd and 7th day of cure in the absence of inhibitor and the protective effect of the interstitial solution of the concretes without inhibitor at the 28th day of cure by the formation of a protective layer on the iron surface. The results also showed the corrosion inhibition effect of the clay on the 3rd and 7th day of cure by the formation of a protective film on the surface of the metal. The layer thickness increases with the content of the clay. A maximum average inhibitory efficiency of about 87.8% was obtained at the 7th day of cure at the 20% clay content.

KEYWORDS: attapulgite, corrosion, inhibition, clay, concrete.

RÉSUMÉ: Le comportement du fer Fe500-3 a été étudié dans la solution interstitielle du béton à mortier formulé à partir du sable, du ciment, de l'eau, d'un adjuvant et en présence d'une argile (attapulgite) ajoutée comme inhibiteur de corrosion. En effet, dans la plupart des cas au Sénégal, l'eau de gâchage ainsi que le sable utilisés dans les formulations du béton pour les constructions ne sont soumis à aucun traitement. La solution d'étude a été synthétisée à partir de ces bétons au 3ème, 7ème et 28éme jour de cure humide.

Les tests de corrosion du fer Fe500-3 dans la solution interstitielle des bétons ont été réalisés par le suivi du potentiel de corrosion libre, les courbes de polarisation de Tafel et par des mesures de spectroscopie d'impédance électrochimique. Le pouvoir protecteur de l'attapulgite vis-à-vis du Fer Fe500-3 a également été évalué par les méthodes électrochimiques à différentes teneurs en inhibiteur (0 à 20%).

Les mesures révèlent une attaque probable du fer Fe500-3 aux 3ème et au 7ème jours de cure en absence d'inhibiteur et l'effet protecteur de la solution interstitielle des bétons sans inhibiteur au 28éme jour de cure par la formation d'une couche protectrice à la surface du fer. Les résultats ont également montré l'effet inhibiteur de la corrosion de l'argile aux 3ème et 7ème jours de cure par la formation d'un film protecteur à la surface du métal. L'épaisseur de la couche augmente avec la teneur de l'argile. Une efficacité inhibitrice moyenne maximale d'environ 87,8% a été obtenue au 7ème jour de cure à la teneur de 20% en argile.

MOTS-CLEFS: attapulgite, corrosion, inhibition, argile, béton.

Corresponding Author: Modou Fall

1 INTRODUCTION

Le béton est le matériau de construction le plus utilisé avec une production annuelle de cinq milliards de mètres cubes. Il est obtenu par un mélange de granulats (naturels ou artificiels), de liants (ciments), d'eau, et éventuellement d'adjuvants [1]. Depuis sa fabrication, ce mélange de sable, de ciment, de gravier, d'eau et d'adjuvant a fait l'objet de nombreuses recherches notamment dans le domaine de la corrosion.

Pour des raisons d'économie d'énergie et de réduction des coûts, la tendance à l'heure actuelle est de substituer des matières plus ou moins hydrauliques à une partie du ciment. Les additifs peuvent être choisis pour les propriétés hydrauliques ou pouzzolaniques qu'ils développeront lors des processus d'hydratation. Il s'agit par exemple des cendres volantes et de la fumée de silice pour les propriétés pouzzolaniques, des laitiers de hauts fourneaux pour les propriétés hydrauliques.

De nombreuses études ont montré l'influence positive de l'utilisation de la fumée de silice dans les bétons sur le coefficient de diffusion des ions chlorures pour des additions inférieures à 10% [2]. Shekarchi *et al* [3] ont montré que la substitution partielle du ciment par de fumée de silice à hauteur de 7,5 % conduit à une importante réduction du coefficient de diffusion des chlorures. Des études ont également montré que l'addition de cendres volantes réduit fortement la porosité du béton et augmente donc sa résistance à la pénétration d'espèces extérieures telles que l'oxygène ou les ions chlorures. Maria Manuela Salta a montré que la substitution de 50 % de ciment par des cendres volantes conduit à une réduction de moitié du coefficient de diffusion des chlorures dans le cas d'une immersion dans une solution de chlorure de sodium [4]. De même, certains auteurs ont montré que la substitution de 30 % de ciment par des cendres volantes conduit à une diminution significative de la vitesse de corrosion.

En terme de durabilité, la maitrise et l'optimisation des structures durables en béton armé constituent de nos jours un enjeu particulièrement important. La conception de la durabilité de ces ouvrages repose sur les règles de formulation du béton et le dimensionnement des enrobages en fonction des différentes classes d'exposition. Toutefois, ces règles ne prennent pas en compte de manière rigoureuse tous les phénomènes intervenant dans le processus de corrosion des armatures. Or, la durabilité des ouvrages est grandement liée à la corrosion des armatures provoquée par les agents tels que les chlorures (notamment présents dans le sable, l'eau et l'adjuvant) et le CO_2 présent dans l'atmosphère. Un moyen d'améliorer cet aspect consiste à fournir aux concepteurs de matériaux non plus des solutions typiques mais des modèles de durabilité intégrant l'ensemble des paramètres d'optimisation.

D'une manière générale, il y a un intérêt majeur à améliorer la performance et la durabilité des ouvrages en béton armé en considérant les dispositions normatives sur des approches plus rigoureuses sur le plan des phénomènes physiques, mécaniques et électrochimiques.

Nous analysons dans cet article le pouvoir protecteur de cette argile dans la solution interstitielle du béton par les méthodes électrochimiques (suivi du potentiel de corrosion libre, polarisation de Tafel et spectroscopie d'impédance électrochimique).

2 CONDITIONS ET METHODES EXPERIMENTALES

Les bétons à mortier sont formulés avec du ciment SOCOCIM 42,5R, du sable de dune, de l'eau de robinet et un adjuvant de type Plastiment BV 40 combinant deux rôles : plastifiant et retardateur de prise. C'est un produit fabriqué par SIKA France S.A.S avec une teneur en ions chlorure inférieure ou égale à 0,1%. La composition massique de base utilisée est : sable de dune = 1116,5 kg/m^3 ; ciment = 545 kg/m^3 ; rapport eau/ciment = 0,545 et l'adujuvant = 17,194.

Des éprouvettes de dimension $4\times4\times16$ (cm^3) sont confectionnées selon la norme EN196-1. Les solutions utilisées pour les mesures électrochimiques et de pH sont synthétisées à partir de ces bétons.

Les mesures de la résistance mécanique et du pH n'ont pas été effectuées dans ce travail. Seul l'aspect électrochimique appliqué à l'étude de l'inhibition de la corrosion dans le milieu interstitiel du béton armé a été examiné.

Hidalgo et al. [5] considèrent que la façon la plus fiable de déterminer le pH de la phase aqueuse dans un ciment durci consiste à extraire la solution interstitielle par compression, et à mesurer son pH. Cependant, cette procédure est lourde et nécessite un équipement particulier et une quantité importante de ciment. De plus, cette méthode ne possède pas de protocole clairement défini. Un procédé simple permettant de déterminer le pH de la solution porale de différents liants a été mis au point. Cette méthode consiste à utiliser des suspensions. Le protocole suivant recommande un rapport S / L optimal de 1 / 1 et un temps d'agitation de 24h [6].

S, L sont les masses du solide et du liquide, respectivement.

Partant de cette méthode, des éprouvettes de dimensions 4×4×16 (cm^3) ont été confectionnées en mortier avec un rapport eau/ciment (E/C) égal à 0,545. Certaines d'entre elles contiennent de l'attapulgite avec une proportion variant de 5% à 20% de substitution de la masse du ciment. Elles sont démoulées 24h après le malaxage et ont ensuite subi une cure « humide » (immergés dans l'eau). A différentes échéances de cette exposition ($3^{ème}$, $7^{ème}$ et $28^{ème}$ jour de cure), 29,052 g du solide sont concassés en morceaux de taille inférieure à 100 µm. Les solutions (éch 1 : avec suspension) sont obtenues en ajoutant à chaque échantillon (0%, 5%, 10% et 20%) 30 ml d'eau distillée correspondant à la même masse du solide après 24h d'agitation.

Les solutions (éch2 : sans suspension) utilisées pour les mesures électrochimiques sont synthétisées à partir de ces mélanges (éch1) par un tamis de 50 µm dans les mêmes conditions.

Des mesures de pH des solutions avec et sans suspension n'ont pas été présentées dans cette note.

L'inhibiteur utilisé est l'attapulgite, argile provenant de Pout (Sénégal). Sa composition chimique centésimale est : SiO_2 = 57, Al_2O_3 = 13, Fe_2O_3 = 2, MgO = 14,4, Perte au Feu = 11,4 et du CaO existant en traces [7]. Les attapulgites trouvent des applications dans le domaine industriel, notamment pour absorber les huiles ; elles sont utilisées à 88% pour des usages « grand public » en tant que litières pour animaux domestiques. Elles servent également de supports dans les produits phytosanitaires et d'agents actifs des pansements gastriques en pharmacie. L'argile a été broyée en poudre puis chauffée dans un four à la température de 800°C. Une granulométrie inférieure à 80 µm a été utilisée dans notre travail.

Pour des mesures électrochimiques, nous avons utilisé le fer à béton Fe500-3 de diamètre 8 mm de composition chimique centésimale définie selon la norme CEDEAO [8]: C = 0,22 ; N = 0,12 ; P = 0,0050 : S = 0,050 ; CEV= 0,50 ; Fe.

Le carbone équivalent CEV doit être déterminé à partir de la formule suivante :

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}$$

La barre d'acier est polie avec du papier abrasif et rincée à l'eau distillée. Les extrémités des barres sont protégées par un isolant pour que la corrosion soit limitée sur une surface bien déterminée.

Le dispositif expérimental pour la réalisation des tests électrochimiques comporte un potentiostat/Galvanostat µAutolab de type III + FRA 2 piloté par le logiciel GPES (General Purpose for Electrochemical System) ou FRA (Frequency Response Analyzer) et couplé à une cellule électrolytique en verre à trois électrodes. La cellule électrolytique est composée d'un ensemble de trois électrodes immergées dans un bêcher (fig.1). L'échantillon constitue l'électrode de travail, la contre électrode est une grille en acier et dans toutes les mesures électrochimiques, l'électrode de référence est Ag/AgCl (+197 mV/ENH à la température ambiante).

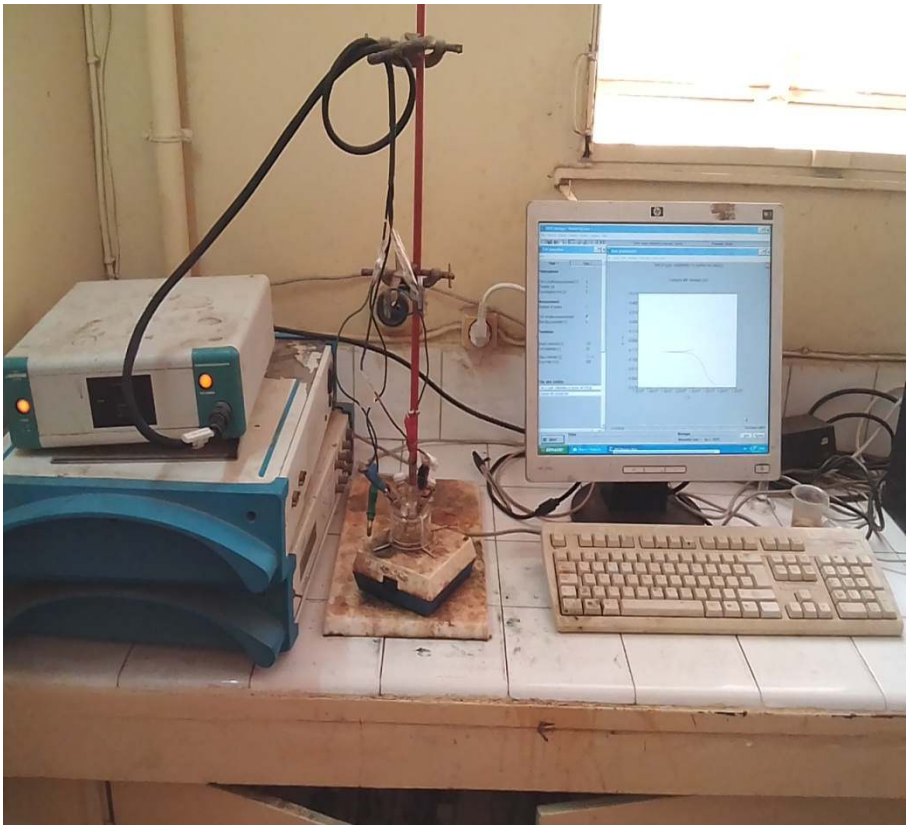


Fig. 1. appareil expérimental des mesures électrochimiques

La corrosion de l'acier a été étudiée par la méthode potentiodynamique, la vitesse de balayage étant fixée à 0,5 mV/s et le temps d'équilibre à 3 h. La détermination des paramètres électrochimiques (i_{corr}, E_{corr}, R_p, b_a et b_c) à partir des courbes de polarisation de Tafel, se fait à l'aide d'une régression non linéaire par le logiciel GPES selon l'équation de Stern-Geary après correction de la chute ohmique. L'efficacité inhibitrice est calculée à partir de la formule suivante [9] :

$$IE = \frac{R_p - R_p^o}{R_p} \times 100$$

R_p, R_p^o étant les résistances de polarisation avec et sans inhibiteur, respectivement.

La densité de courant est donnée par la relation de stern-Geary par la relation suivante [10] :

$$i_{corr} = \frac{1}{2{,}303 R_p}\left(\frac{b_a b_c}{b_a + b_c}\right)$$

Avec ba, bc, les constantes de Tafel anodique et cathodique respectivement.

Les mesures de spectroscopie d'impédance électrochimique ont été effectuées à l'aide du logiciel FRA2. Les courbes enregistrées après stabilisation du potentiel libre, sont obtenues au potentiel de corrosion libre avec une amplitude de 5mV. Les balayages en potentiel sont effectués en fréquences variables dans l'intervalle 10 kHz – 100 mHz avec 5 points/décade. Avant les mesures de la SIE, l'électrode de travail est maintenue en circuit ouvert pendant un temps d'équilibre de 3 h. L'efficacité inhibitrice a été évaluée à l'aide de l'équation [9] :

$$IE = \frac{R_{ct} - R_{ct}^o}{R_{ct}} \times 100$$

R_{ct}^o et R_{ct} représentant la résistance de transfert de charge en l'absence et en présence d'inhibiteur, respectivement.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 SUIVI DU POTENTIEL DE CORROSION EN FONCTION DU TEMPS DANS LA SOLUTION INTERSTITIELLE

La figure 2 représente le suivi du potentiel de corrosion libre du fer Fe500-3 immergé dans la solution de synthèse du béton à mortier contenant de l'attapulgite avec une teneur variant de 0% à 20% et à des échéances de 3,7 et 28 jours de cure humide et à la température ambiante (25 $\pm$ 3°C) pendant 3 h. Les valeurs stationnaires des potentiels de corrosion E_{corr} sont obtenues à environ 2 h de polarisation. Ces valeurs sont présentées dans le tableau 1.

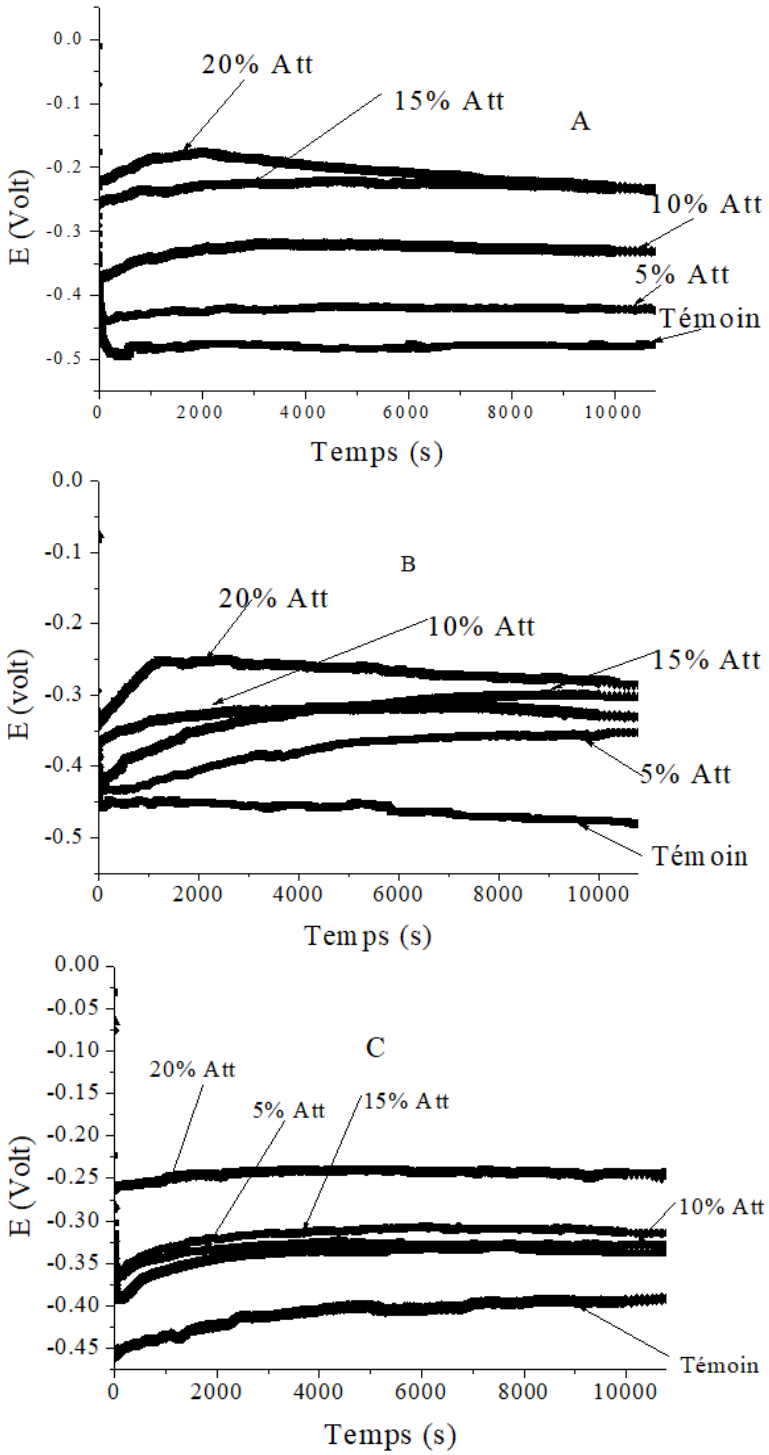


Fig. 2. Evolution du potentiel de corrosion en fonction du temps pour le fer à béton Fe500-3 dans la solution porale du béton à mortier à différentes teneur de l'attapulgite :(A) au 3ème jour, (B)au 7ème jour et (C) au 28eme jour et à la température ambiante

Il apparait que le potentiel de corrosion E_{corr} des différentes courbes au 3ème, 7ème et 28ème de cure jour croissent vers les potentiels anodiques au fur et mesure qu'on augmente l'argile.

Cette évolution est sans aucun doute liée à la formation et la croissance d'une couche protectrice en fonction de la teneur de l'argile et met en évidence le caractère anodique de l'inhibiteur. Au 3ème et au 7ème jour, les courbes témoins présentent de légères fluctuations qui traduisent la formation de produits de corrosion à la surface du métal.

Tableau 1. Potentiel de corrosion E_{corr} (mV/Ag/AgCl) du fer à béton Fe500-3 mesuré dans la solution de synthèse du béton à différentes teneurs en inhibiteur

% Att	**E_{corr} (mV/Ag/AgCl) au 3ème jour de cure**	**E_{corr} (mV/Ag/AgCl) au 7ème jour de cure**	**E_{corr} (mV/Ag/AgCl) au 28ème jour de cure**
0%	-478	-481	-391
5%	-424	-354	-337
10%	-331	-303	-329
15%	-238	-330	-314
20%	-232	-285	-248

Au 3ème et au 7ème jour, les valeurs de E_{cor} des témoins sont très cathodiques et se valent respectivement -478 et -481 mV/Ag/AgCl (tableau 1). Ensuite, le potentiel de corrosion (E_{cor}) augmente progressivement avec le temps de cure, pour atteindre une valeur de -391 mV/Ag/AgCl au 28ème jour**.** Cela explique le caractère protecteur du béton qui se ressent fortement au 28ème jour de cure. En présence d'inhibiteur, nous notons une évolution pour la plupart des potentiels de corrosion vers les valeurs anodiques en fonction du temps de cure.

3.2 COURBES DE POLARISATION

Les courbes de polarisation stationnaires, en absence et en présence des différentes teneurs en inhibiteur, tracées avec une vitesse de balayage de 0,5 $mV.s^{-1}$ après 3 heures d'immersion, sont représentées dans la figure 3. L'ensemble des paramètres électrochimiques obtenus à partir de ces courbes sont donnés dans le tableau 2.

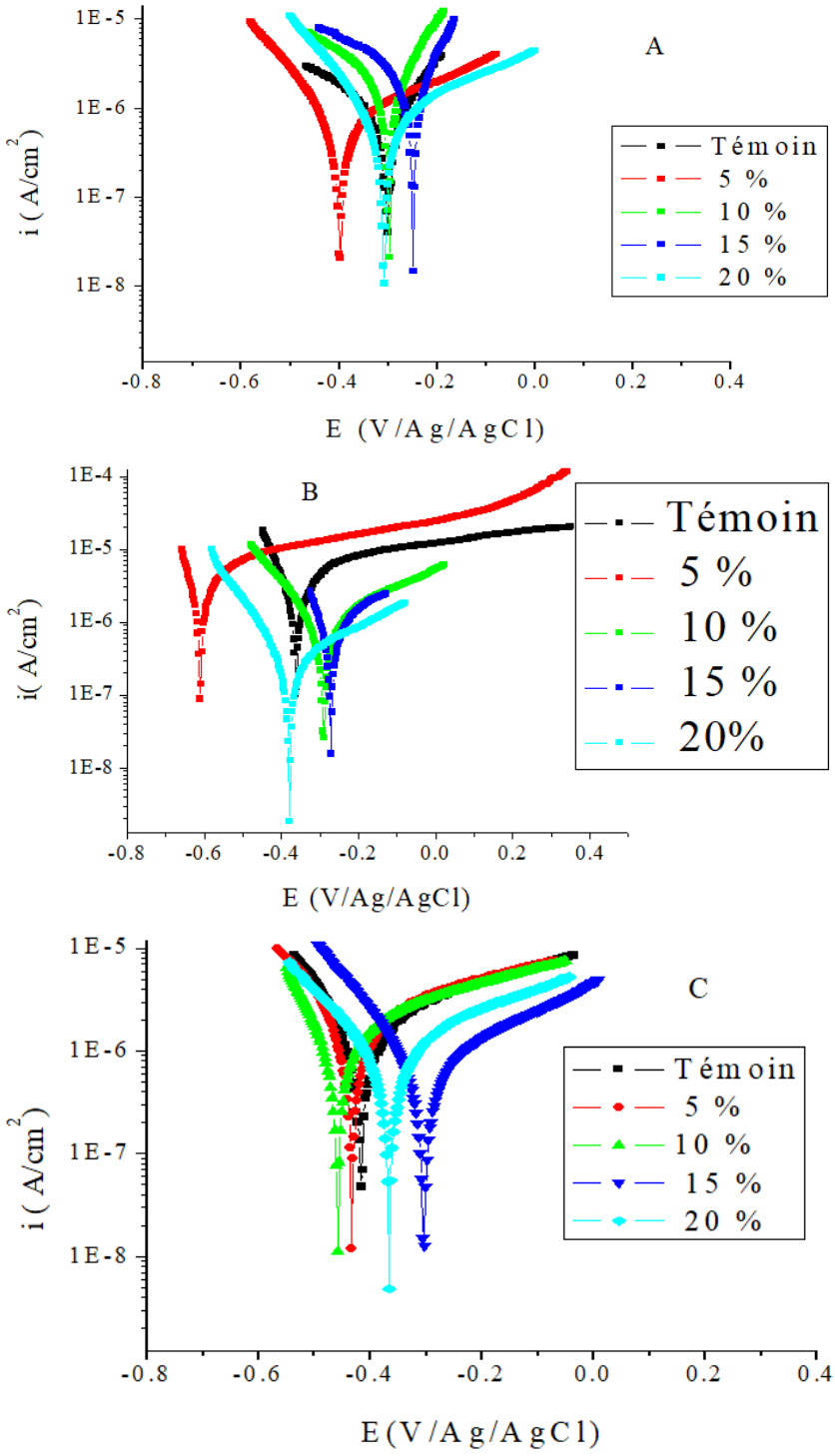


Fig. 3. Courbes de polarisation stationnaire du fer à béton Fe500-3 dans la solution porale du béton à mortier à différentes teneur de l'attapulgite :(A) au 3ème jour, (B) au 7ème jour et (C) au 28ème jour

Nous constatons que l'addition de l'attapulgite dans le milieu béton, déplace le potentiel de corrosion vers des valeurs plus négatives pour certaines teneurs en inhibiteur. Par contre, pour d'autres teneurs en inhibiteur, le potentiel de corrosion se déplace vers des valeurs plus élevées. Cela peut être dû aux interactions entre les ions Cl^- avec l'attapulgite [11].

En plus du déplacement du potentiel de corrosion libre dans les deux sens, l'ajout d'inhibiteur en solution induit une diminution importante de la densité du courant de corrosion. Cette diminution est d'autant plus importante que la teneur en inhibiteur introduit est élevée. Ces remarques montrent que l'attapulgite protège davantage le métal contre la corrosion.

La présence de l'inhibiteur à partir de 10%, diminue la cinétique de la réaction cathodique qui correspond à la réduction de l'oxygène mais sans faire apparaître de véritable plateau de passivation. Ce résultat est en accord avec les travaux de Guessoum et al qui montrent qu'en présence des minéraux argileux, les courbes cathodiques présentent alors un plateau cathodique de longueur différente attribuable à la diffusion de l'oxygène lors de sa réduction [12].

Au 7ème jour de cure, nous remarquons que l'allure des courbes dans les domaines cathodiques et anodiques à partir de la teneur de 10% en inhibiteur, a une grande modification par rapport à celle tracée en l'absence d'inhibiteur ; cela montre l'influence de l'argile sur les réactions de réduction cathodique et d'oxydation anodique.

Tableau 2. Valeurs des paramètres Du fer à béton Fe500-3 obtenues à partir des courbes intensité-potentiel pour différentes teneurs de l'inhibiteur

	% Att	E_{corr} (mV/Ag/AgCl)	I_{corr} ($\mu A/cm^2$)	R_p ($k\Omega.cm^2$)	b_c (mV/dec)	b_a (mV/dec)	IE%
3éme jour de cure	0	-400	8,746	1,35	50	60	-
	5	-397	4,988	2,29	63	89	**41,0**
	10	-297	2,240	2,46	27	24	**45,1**
	15	-249	0,238	7.31	65	53	**81,5**
	20	-307	0,024	17,42	85	46	**92,2**
7éme jour de cure	0	-358	8,811	1,30	51	55	-
	5	-612	4,503	1,58	35	31	**21,5**
	10	-289	2,110	1,81	20	26	**28,2**
	15	-272	0,249	12,70	98	74	**89,8**
	20	-379	0,082	17,54	153	83	**92,6**
28éme jour de cure	0	-416	0,484	2,81	41	76	-
	5	-433	0,371	4,51	51	79	**37,7**
	10	-359	0,310	5,54	62	76	**49,3**
	15	-303	0,296	11,38	87	59	**75,2**
	20	-366	0,198	12,62	116	78	**77,7**

Le tableau 2, nous montre que la résistance de polarisation augmente et la densité de courant diminue en présence d'inhibiteur. Cette augmentation de la résistance polarisation et la diminution de la densité de courant sont liées au pouvoir protecteur de l'argile où l'efficacité inhibitrice atteint 92,6% au 7ème jour de cure.

3.3 MESURE PAR LA SPECTROSCOPIE D'IMPEDANCE ELECTROCHIMIQUE

Des diagrammes d'impédance ont également été tracés après 3 h d'immersion dans ces différentes solutions et sont présentés sur la figure 4.

Les paramètres d'impédance électrochimique ont été déterminés en utilisant un circuit électrique équivalent simple. Il est composé d'un élément à phase constante CPE (Q) couplé en parallèle avec la résistance de transfert de charge R_{tc}, les deux sont couplés en série avec la résistance de la solution R_s comme indiqué sur la figure 4 en (D).

Tous les diagrammes de Nyquist présentent la même allure et se composent d'un arc capacitif de large diamètre illustrant la présence d'une couche d'oxydes protectrice, de type couche passive, à la surface de l'acier.

L'augmentation du diamètre de boucle avec la teneur de l'argile montre que cette couche d'oxydes devient plus protectrice au fur et mesure qu'on augmente l'argile du fait de l'évolution de son épaisseur.

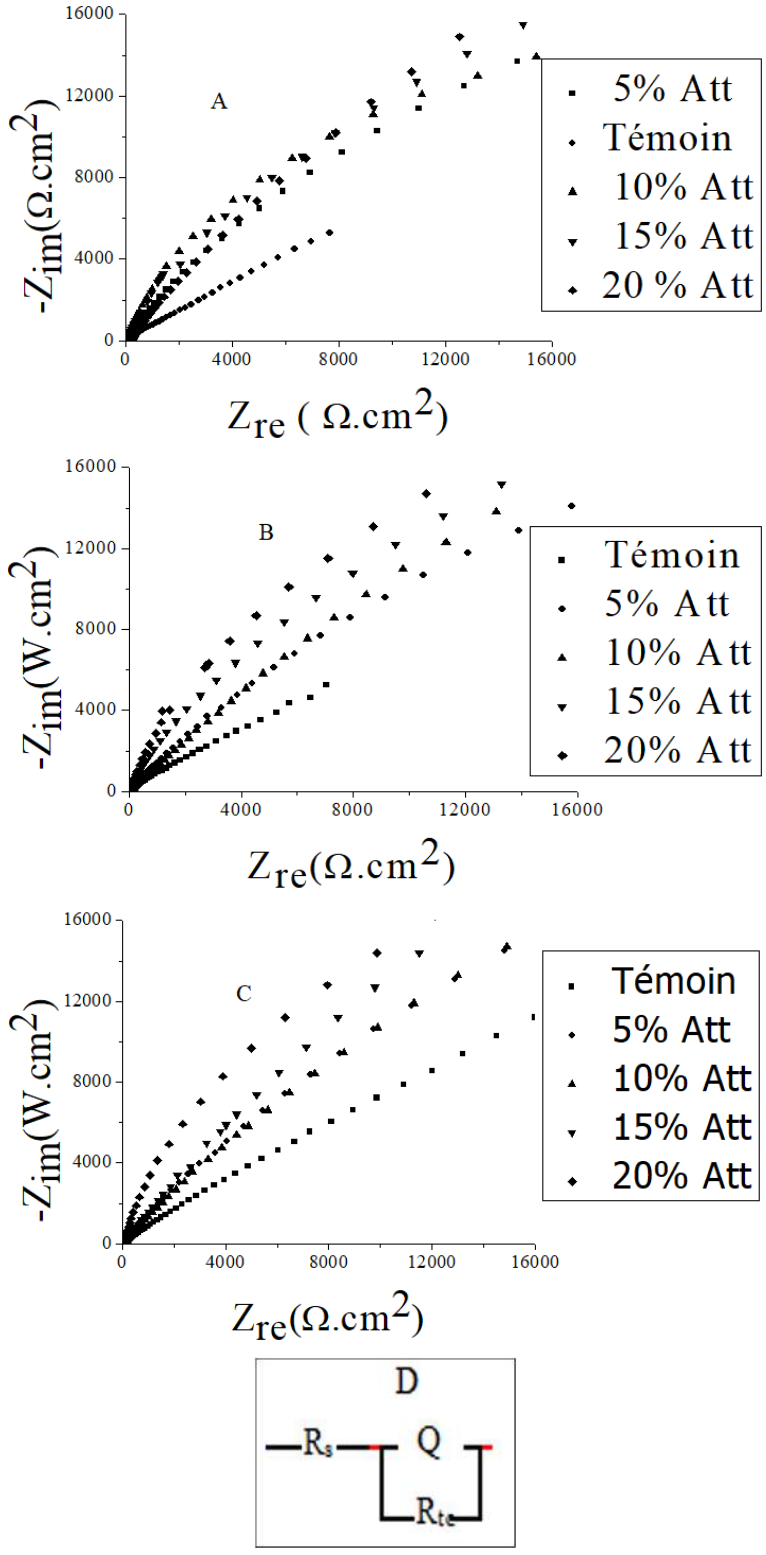


Fig. 4. Diagrammes d'impédances dans le plan de Nyquist du fer à béton Fe500-3 dans la solution porale du béton à mortier à différentes teneur de l'attapulgite :(A) au 3èem jour, (B)au 7ème jour et (C) au 28ème jour, (D) Circuit équivalent de Randles

Le tableau 3 présente les paramètres électrochimiques obtenus après simulation des résultats expérimentaux.

En absence d'inhibiteur, les valeurs de la résistance de transfert de charges R_{ct} croissent avec l'augmentation du temps de cure (tableau 3). Cela confirme l'effet protecteur du béton par la formation d'une couche d'oxyde à la surface du métal.

Tableau 3. Valeurs des paramètres Du fer à béton Fe500-3 obtenues après simulation des diagrammes d'impédances pour différentes teneurs de l'inhibiteur

	% Att	R_s ($\Omega.cm^2$)	R_{ct} ($k\Omega.cm^2$)	Q ($F.cm^{-2}$)	n	IE% Tafel	IE% Imp
3ème jour de cure	0	62,2	28,96	$0,297.10^{-8}$	0,469	-	-
	5	36,5	40,32	$0,169.10^{-8}$	0,639	41	**28,2**
	10	12,7	68,32	$0,080.10^{-8}$	0,526	45,1	**54,6**
	15	31,45	76,25	$0,00277.10^{-8}$	0,777	81,5	**62,1**
	20	9,9	107,72	$0,00121.10^{-8}$	0,739	92,2	**73,1**
7ème jour de cure	0	55,5	20,10	$35,15.10^{-8}$	0,676		
	5	90,1	64,60	$30,31.10^{-8}$	0,640	21,5	**68,8**
	10	35	89,90	$14,14.10^{-8}$	0,674	28,2	**77,6**
	15	41,468	96,25	$3,88.10^{-8}$	0,813	89,8	**79,1**
	20	112,2	119,16	$0,00174.10^{-8}$	0,565	**92,6**	**83**
28ème jour de cure	0	47,9	17,71	$4,71.10^{-8}$	0,550	-	-
	5	34	56,20	$2,31.10^{-8}$	0,496	37,7	**68.5**
	10	48,8	63,76	$1,23.10^{-8}$	0,614	49,3	**72,2**
	15	10,3	75,22	$0,00120.10^{-8}$	0,608	75,2	**76,4**
	20	24	78,90	$0,00226.10^{-8}$	0,783	77,7	**77,5**

Avec l'addition de l'inhibiteur, la valeur de la capacité de double couche (CPE) diminue par rapport à la valeur témoin. Cette diminution pourrait être associée à une adsorption ou des molécules de l'inhibiteur à la surface de l'acier. En effet, plus l'inhibiteur s'adsorbe plus l'épaisseur du dépôt augmente et plus la capacité de double couche diminue [13-14]. Le pouvoir inhibiteur de l'argile dépend de sa concentration. En effet, lorsque la concentration en inhibiteur augmente plus l'efficacité inhibitrice augmente.

L'efficacité maximale est obtenue au 7ème jour de cure avec la valeur de 83% en accord avec les résultats obtenus avec Tafel.

4 CONCLUSION

Dans cet article, nous avons étudié le comportement du fer Fe500-3 dans la solution interstitielle du béton à mortier, formulé à partir du sable, du ciment, de l'eau, d'adjuvant et en présence d'une argile (attapulgite) ajoutée comme inhibiteur de corrosion.

Les tests de corrosion du fer Fe500-3 dans la solution interstitielle des bétons ont été réalisés par le suivi du potentiel de corrosion libre, la polarisation de Tafel et par la mesures de spectroscopie d'impédance électrochimique.

A chaque échéance (3ème, 7ème et 28ème jour de cure), le pouvoir protecteur de l'attapulgite a été aussi évalué par les méthodes électrochimiques à différentes teneurs en inhibiteur (0 à 20%).

Les mesures par le suivi du potentiel de corrosion révèlent une attaque probable du fer Fe500-3 au 3ème et au 7ème jour de cure en absence d'inhibiteur et l'effet protecteur de la solution interstitielle des bétons sans inhibiteur au 28éme jour de cure par la formation d'une couche protectrice à la surface du fer. Le décalage des potentiels de corrosion vers des valeurs plus positives montre le caractère protecteur de l'argile.

Les résultats obtenus par l'étude de l'efficacité, avec la méthode de Tafel et la spectroscopie d'impédance électrochimique, ont également montré l'effet inhibiteur de la corrosion de l'argile au 3ème et au 7ème jour de cure par la formation d'un film protecteur à la surface du métal. La croissance des paramètres de corrosion en fonction de la teneur en argile montre que cette couche augmente avec la teneur de l'argile.

REMERCIEMENTS

Remerciements sincères au Pr Modou Fall et Dr Dame Keinde pour leur apport technique

REFERENCES

[1] V. F Isabelle, “Sensibilité de la technique d’émission acoustique à la corrosion des armatures dans le béton ”, Thèse, Université de Toulouse 2009.

[2] A. LINDVALL, L.O. NILSSON, “Studies on the effect of secondary materials on chloride ingress ”, Proceedings of Workshop on Durability of Exposed Concrete Containing Secondary Cementitious Materials, Hirtshals, Denmark, The Nordic Concrete Federation, pp 159-178, 2001.

[3] M. SHEKARCHI, A. RAFIEE, H. LAYSSI, “ Long-term chloride diffusion in silica fume concrete in harsh marine climates ”, Cement & Concrete Composites, vol.31, pp.769-775, 2009.

[4] SALTA MM, “Corrosion and corrosion protection of steel in concrete”. In: Swamy RN, editor. Sheffield, UK, pp 793. 1994.

[5] A. Hidalgo, J.L. Garcia, C. Alonso, L. Fernandez-Luco, C. Andrade, Testing methodology for pH determination of cementitious materials. Application to low pH binders for use in HLNWR, R&D on low-pH cement for a geological repository, Workshop, Madrid 2005.

[6] Maud Codina, “ Les bétons bas pH - Formulation, caractérisation et étude à long terme ”, Thèse, INSA de Toulouse, 2007.

[7] O. Serranno et al, “ Notice explicative de la cartographie multi couches àn 1/50 000 et à 1/20 000 de la zone d'activité du Cap Vert ”, Dakar, 2009.

[8] Normes CEDEAO, “ Armatures pour Béton Armé –Barres et Couronnes Soudables à Verrous de Nuance FeE500 : Treillis Soudés Constitués de ses Armatures ”, ECOSTAND XXX, 2016.

[9] M. Doubi, A. Dermaj, H. Ramli, D. Chebabe, N. Hajjaji, A. Srhir, "Inhibition de la corrosion d'un acier E24 dans des eaux d'irrigation agricole", ScienceLib Editions Mersenne, Mersenne, volume 5 (130110) ISSN, pp 2111–4706, 2013.

[10] M. Stern and A.L. Geary. “ Electrochemical Polarization I. A Theoretical Analysis of the Shape of Polarization Curves”, Journal of The. Electrochemical Society *J. Electrochem. Soc.* Vol.104, no1, pp.56-63,1957.

[11] O. Sihem, “influence des inhibiteurs sur la corrosion de l’acier a37 dans differents milieux et leurs effets biocides sur e. coli ”, Thèse Université BADJI MOKHTAR-ANNABA, 2013.

[12] K. Guessoum, D. Veys-Renaux, E. Rocca, K. Belhamel, “Corrosion behaviour of zincceriumalloys: Role of intermetallic phases”, Corrosion Science, vol.53**,** pp.1639-1645, 2011.

[13] M. Lebrini, “ Synthèses et etudes phisicochimiques de nouveaux thiadiazoles inhibiteurs de corrosion de l’acier en milieu acide ”, Thèse de doctorat, Université des sciences et Technologies de Lille, 2005.

[14] D. K. Yadav, B. Maiti, M. A. Quraishi, “ Electrochemical and quantum chemical studies of 3,4-dihydropyrimidin-2(1H)-ones as corrosion inhibitors for mild steel in hydrochloric acid solution *”,* journal/corrosion-science*,* vol.52, pp.3586-3598, 2010.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1614-1628
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Thermo-mechanical study of artificial aggregates-based concrete derived from the Thicky clays (Senegal)

Aida GAYE, Prince Momar GUEYE, Dame KEINDE, and Ndèye Awa SENE

Département of Civil Engineering, Cheikh Anta Diop University, Ecole Supérieure Polytechnique, Dakar, Senegal

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

ABSTRACT: Senegal has at its disposal a lot of mineral deposits among which the clay. This material is usable mostly in the production of pottery, the manufacture of bricks or tiles. Nevertheless, the increasing use of some natural aggregates in construction, more accurately gravels like basalt as well as limestone, could expose them to depletion. It is within this framework that our research, which is about the thermo-mechanical study of clay gravel-based concrete, has been developed. It consists of replacing common gravels with expanded clay aggregates. To that end, we have tested the clay of Thicky, which the SOFAMAC factory uses to manufacture its building materials. We used different methods to get expanded clay aggregates at different temperatures. We also did the characterization of these expanded clay aggregate as well as that of clay concrete. The results obtained from the gravels have been compared with those from common concretes. They indicate that the use of these gravels bring satisfactory results when they undergo an adequate transformation.

KEYWORDS: Thermo-mechanic, study, artificial aggregates, clay of Thicky, Senegal.

1 INTRODUCTION

Clay has been one of the basic materials used in house building since antiquity. It is an easy-to-use, resistant and waterproof material when it is well kneaded with water. Furthermore, it makes possible a good thermal insulation and is fire resistant. All these properties have then allowed its use in the past, particularly in the building sector. It can be produced artificially using raw materials like clay, slate, schist, slag, sintered fly ash, expanded polystyrene [1-3].

The mechanic properties of lightweight aggregate-based concretes depend heavily, in addition to the quality of the cement matrix, on the volume and characteristics of lightweight aggregates [5-6].

It is of a paramount importance for this fast-growing sector to streamline the structure, minimize energy costs and ensure comfort. So, it becomes essential to find available (local) materials capable of meeting the specifications as well as being competitive.

In Senegal, the abundant supply of clay has made us want to use this natural or artificial resource in construction and to profit from its potentials. Thus, we have proposed the substitution of common gravels i.e. basalt and limestone by the expanded clay of the concrete, which permits us to obtain lightweight concrete. For this purpose, we need to do the characterization and the thermo-mechanical study of the clay granule-based concrete.

Though, clay has always been considered as a pollutant, hence the tests to determine the cleanliness of the sand - sand equivalence or methylene blue test- which ranked them among unwanted materials for concrete. We will do different types of tests on clay products and check if they can improve the concrete.

This article will first deal with the characterization of aggregates and then the thermo-mechanical characterization of the clay gravel-based concrete.

Corresponding Author: Dame KEINDE

2 PROCEDURE TO OBTAIN ARTIFICIAL AGGREGATES

The tested clay comes from Thicky, more accurately from the SOFAMAC factory quarries, under the banner of MATEC. This locality is situated in the DIASS area in SENEGAL. This clay is extracted deep in the soil that is made up of laterite on the first layer, followed by yellow clay and finally by gray clay. That gray clay is the one we will use in our study.

Clay is the artificial granule that is tested. They are artificial because they are constituted from the diverse physical and chemical transformations of the natural aggregates or others (residues or wastes from blast-furnace). In our case, the clay is obtained through physical and thermal processing.

We went through different processes to obtain the needed clay aggregates for our study. These processes include the extraction, the grinding, the winding and finally the firing. For the extraction, we collected a stock from the factory.

2.1 GRINDING PROCESS

We used the Los Angeles machine for the grinding (Figure 1) to get clay powder.

Fig. 1. The Los Angeles machine

This machine has 11 heavy steel balls (Figure 2). It does a predetermined number of rotations around itself. For the grinding, the default setting is at 500 rotations. When the machine is running, the clash between the material particles and the balls splits them up, and as the machine is rotating around itself, particles become smaller and smaller. A 1.25mm-sieve (Figure 3) helps to collect the clay powder.

Fig. 2. steel balls

Fig.3. sieve

2.2 THE WINDING PROCESS

This stage consists of creating clay aggregates from the powder collected after sieving the clay (figure 5). The cement mixer has been used for that (figure 4). An amount of clay powder has been put in the cement mixer. While the machine is running, water equivalent to 17% of that mass is continuously poured inside it. The mixing takes 10 to 15 minutes with regular breaks going up to 1 minute to allow the scraping of the cement mixer, thus avoiding that particles get attached to the wall of the machine. The 17% represent the plasticity line stated in paragraph 3- beyond this quantity of water that should be added, the end product will be liquid.

Fig. 4. Cement mixer

Fig.5. Clay aggregates

2.3 FIRING

The unfired clay we get after the winding with the cement mixer is inserted into a furnace in the metallic laboratory of the Centre d'Entreprenariat et de Développement Technique (CFDT/ Entrepreneurship and technical development center) known as G15, located in Colobane. The oven is composed of a tube that allows the transmission of the heat, but also of springs on the two edges which become red when the heat reaches the inside of the oven properly. Concerning the firing, different temperatures were used in order to assess the most suitable one for a better lightweight aggregate. Two temperatures were selected: the first at 860°C and the second at 1100°C. The fired clay becomes red as a result of the heat, which means that the higher the temperature, the more the color of the clay turns brick-red. The samples we obtained are presented in figures 6 and 7.

Fig. 6. Clay-based artificial gravels 8/16 fired at 860°C

Fig. 7. Clay-based artificial gravels 8/16 fired at 1100°C

In the end, we got two types of clay-based artificial gravels: clay aggregates fired at 1100°C and those fired at 860°C.

3 CHARACTERIZATION OF THE CLAY OF THICKY

The particle size grading achieved by sedimentation, which consists of applying the Stock law on particles suspended in a fluid, has given 4 medium-sized populations centered at 3,5µm, 9µm, 35 µm and 80µm. Besides, 99% of the material is below 80µm. We can then assert that this clay is composed of fine particles (figure below).

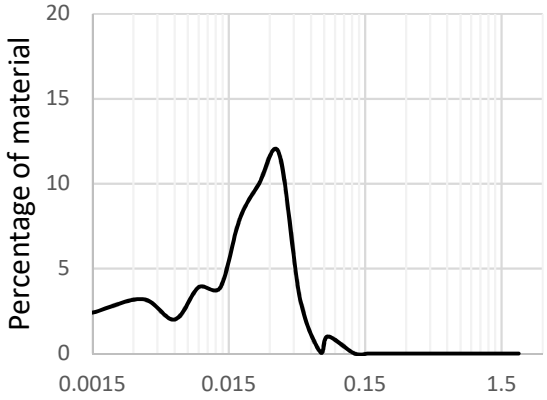


Fig. 8. Granulometrie distribution of the clay of Thicky

The material's plasticity index is done using the Atterberg limits; the liquidity limit is determined thanks to the Casagrande apparatus and the plastic limit by the method of rollers. The difference between the two limits gives the plasticity index. The results are in the following table:

Table 1. Limits of the water content and plasticity index

	LL	LP	IP
Clay from Thicky	70,1	17,1	53

The chemical analysis of the materials is carried out by ICP (Sectro Plasma Iris). It has given the basic composition of our material (Table 2). Actually, this material is essentially made of silica and alumina. These two oxides represent about 80% of the total clay portion.

The mineral components are identified by x-ray diffraction (DRX) at the x-ray laboratory of FST UCAD. The machine is a Phillips X'Pert, Cukα radiation. Results show the presence of poly mineral clay. A glance at the intensity magnitude reveals a predominance of the quartz (Figure 9).

Table 2. Chemical composition of the clay of Thicky

SiO_2	$Al2O_3$	FeO_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	PF	Total
61,10	19,4	5,15	0,75	0,95	0,55	1,85	0,85	7,21	98,01

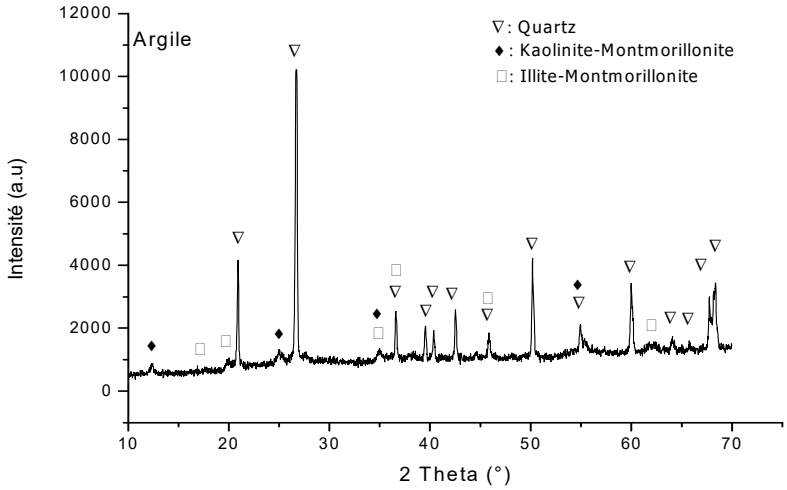


Fig. 9 . Clay diffractogram

4 CHARACTERIZATION OF THE STUDIED AGGREGATES

We have studied, in this work, the natural and artificial aggregates. These aggregates are characterized by determining their bulk densities and absorption coefficients.

4.1 AGGREGATES CHARACTERIZATION METHODS

4.1.1 BULK DENSITY DETERMINATION

This parameter is essential in any study of the concrete because it allows us later to determine the amounts to use for each material present in the concrete. In this study, the bulk density determination was done with a pycnometer (Figure 10).

Fig. 10. Pycnometer filled with water

To achieve the test, a sample M of the material is weighed. After that, the sample is introduced in the pyctometer filled with water; the mass of the whole is recorded as M_1. The material is removed from the mixture and the mass of the pyctometer filled with water is named M_2. The following formula helps to find the bulk density:

$$\rho = \frac{M \times \rho_{eau}}{M_1 + M - M_2} \quad [\text{Eq. } 1]$$

4.1.2 DETERMINATION OF THE ABSORPTION COEFFICIENT

Some granular materials can show an internal porosity that can be detrimental. In fact, the water inside the aggregate causes the spalling of the concrete when the latter is subjected to a low temperature for a long period.

The absorption coefficient is defined as the ratio of the increase of the sample's mass after inhibition in the water to the dry mass of the sample. This inhibition is achieved by immersing the sample in water for 24 hours at a 20°C room temperature [2].

The absorption coefficient is calculated as follows:

$$Abs = \frac{M_a - M_S}{M_S} \text{ [Eq. 2]}$$

where M_a represents the mass of the sample after immersion in water; and M_S the mass of the dry sample after passing through the heating chamber at 105°C.

4.2 RESULTS OF THE AGGREGATES CHARACTERIZATION

4.2.1 NATURAL AGGREGATES

The aggregates used in this study include the basalt, limestone and dune sand. They are natural aggregates for they have been extracted straight from nature and had not gone through any transformation but mechanical. In other words, the only transformations they must not experience to the risk of becoming artificial are those physical, chemical or even thermal.

The basalt (Figure 11) and the limestone (Figure 12) have a grain size class comprised between 8 and 16 mm. Limestone comes from Goundiane and the dune sand (Figure 13) from Kayar. The bulk density and the absorption coefficient about each type of aggregate have been determined (Table 3).

Fig. 11 . Basalt

Fig. 12. Limestone

Fig. 13. Dune sand

Table 3. Bulk density and absorption coefficient of natural aggregates

Material	ρ_{eau}(Kg/m³)	ρ (Kg/m³)	Abs (%)
Basalt	1	2.95	0.74
Limestone	1	2.51	3.77
Sand	1	2.55	1.19

4.2.2 ARTIFICIAL AGGREGATES

They have the same features as natural aggregates that have been underscored for fired clay aggregates at different temperatures. These features are summarized in Table 4.

Table 4. Bulk density and absorption coefficient of artificial aggregates

Matérial	ρeau (Kg/m³)	ρ (Kg/m³)	Abs (%)
Clay aggregates fired at 1100°C	1	2.28	10.4
Clay aggregates fired at 860°C	1	2.39	13.33

4.2.3 ANALYSIS AND INTERPRETATION OF RESULTS

The results achieved on aggregates allow to classify them into different categories and to plot their curve for a better assessment.

The basalt belongs to category A which is the most resistant, followed by the limestone which falls into the category B and the two clays into the category D because of their high absorption coefficient.

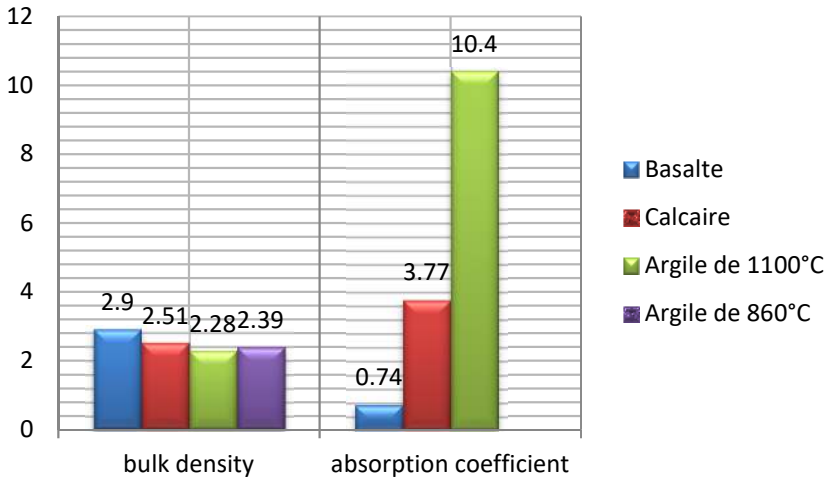


Fig. 14. Representation of the bulk density and the absorption coefficient

The figure 14 shows that the bulk density of the basalt is higher than those of other materials; it is followed by the clay fired at 860°C, then by limestone and finally by the clay fired at 1100°C. This means that the basalt is the heaviest material and clay fired at 1100°C the lightest.

Besides, the basalt absorption coefficient is extremely low; it is followed by the one of the limestone, then of the clay fired at 1100°C. The clay fired at 860°C does not have any absorption coefficient because some particles have been dissolved after a 24-hour-inhibition; its exploitation was so compromised that we were at risk of causing miscalculations.

According to these results, we can conclude that the firing temperature is not suitable for a durable material. This assessment has to be confirmed with other tests we achieved.

5 CHARACTERIZATION OF THE CONCRETE

5.1 FORMULATION OF THE CONCRETE

The formulation of the concrete was carried out with the Dreux GORISSE method in order to define the different proportions of the items that constitute each concrete.

The obtained results are presented in Table 5.

Table 5. Proportions of the components of the different concretes

Concrete	C/E	Ciment (Kg/m3)	Eau (L/m3)	Granulats utilisés (Kg/m3)	Sable (Kg/m3)
Basalt aggregate-based concrete	**1,52**	**312,5**	**223,22**	**1361,42**	**633,67**
Limestone aggregate-based concrete	**1,52**	**312,5**	**256,81**	**1158,36**	**633,67**
Clay aggregate-based concrete fired at 1100°C	**1,52**	**312,5**	**322,57**	**1052,22**	**633,67**
Clay aggregate-based concrete fired at 860°C	**1,52**	**312,5**	**360,57**	**1102,98**	**633,67**

5.2 CHARACTERISATION OF THE FRESH CONCRETE

The slump and bulk density of the fresh concrete have been determined.

5.2.1 SLUMP

The slump test allows to examine the plasticity of the concrete but also to determine its consistency category. This factor has been established with the slump test cone (Figure 15).

Fig. 2. Slump test cone

To do the test, the formwork, as well as the bearing plate, has to be damped beforehand. Then, the formwork must be fixed on the bearing plate. After, we fill the formwork; at each 3 successive layers of the same height, we use the tapping rod and give 25 blows. When the formwork is full, the upper edge needs to be leveled by rolling the rod. At last, we lift the formwork cautiously and read the slump with a ruler.

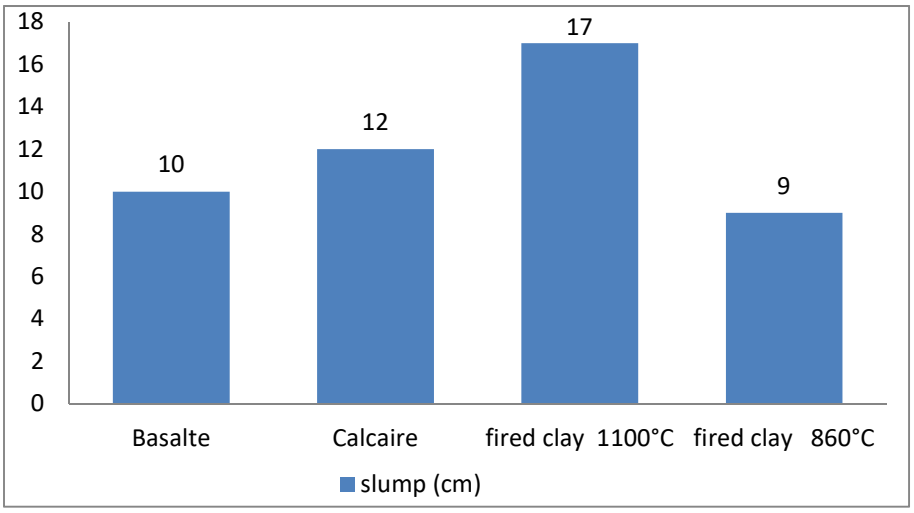


Fig. 16. Results of the slump

The figure 16 tells us about the consistency categories of each concrete. Hence, the basalt concrete and the limestone concrete are very plastic and belong to category S3. The clay aggregate-based concrete fired at 1100°C is a fluid concrete because of the significant amount of water, and belongs to category S4. In contrast, the clay aggregate-based concrete fired at 860°C should also be fluid because of the significant amount of water. But while processing, we noticed that the aggregates broke down inside the cement mixer. That increased the paste and thus improved the plasticity of the concrete.

5.2.2 BULK DENSITY

We had to determine the wet density of the concrete. For this purpose, we used formworks (Figure 17).These formworks are weighed first with wet concrete, then without the concrete.

Fig. 17. Thermal formwork

Equation 3 is a method of calculating the bulk density of the concretes to use.

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ [Eq. 3]}$$

Where ρ represents the bulk density of the concrete in $Kg.m^{-3}$, m is the density of the wet concrete expressed in Kg and v is the volume of the formwork in m^3.

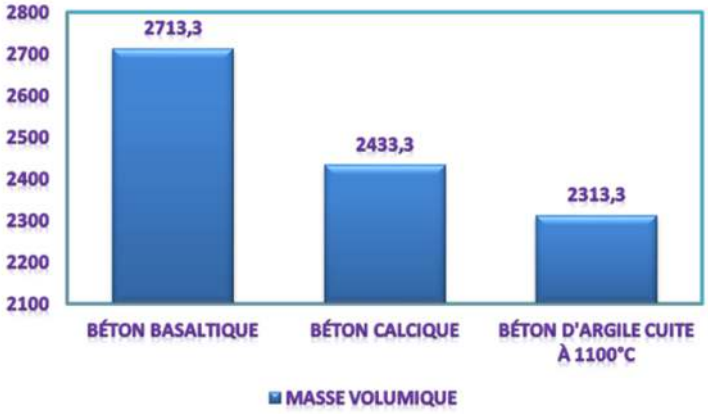


Figure 18: Results of bulk density

Figure 18 shows that the density of the basalt concrete is higher than those of the limestone concrete and the clay-based concrete. The latter is lighter due to expanded clay aggregates.

5.3 CHARACTERIZATION OF THE HARDENED CONCRETE

5.3.1 THERMAL TEST

The test consists of determining the thermal conductivity along with the specific heat capacity of the concrete. Thus, we used the hot asymmetric plan with the rear side isolated. This apparatus is shown in Figure19:

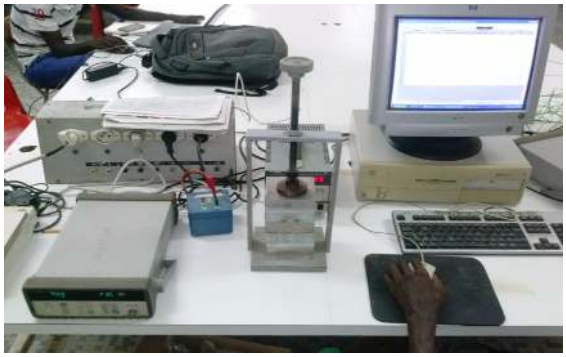


Figure 19: Apparatus of the hot asymmetric plan method

A planar heating element called probe, as thick and large as the sample (10x 10 cm²) is placed between this one and a polyurethane foam sample. A thermocouple made of two wires with diameters equal or below 0.05mm is stuck on the surface of the element in connection with the polyurethane. The apparatus is completed with a block of polyurethane placed on top of the sample and the whole system is placed between two 4cm-thick aluminium blocks. A level flow is applied to the probe and the evolution of the temperature T (t) of the thermocouple is registered. The data collected is saved in a computer as shown in figure 27, and then exported in the programming software MATLAB to calculate the thermal conductivity as well as the effusivity. The specific heat capacity of the concrete can be calculated thanks to these two sizes and the specific bulk density.

The thermal conductivity is the capacity of a material to transmit thermal energy, the higher it is, the more conducting the material is; and the lower it is, the more the material is insulating.

The thermal effusivity (Equation 4) determines the capacity of the material to absorb thermal energy. The higher the effusivity, the more the material absorbs energy without heating up considerably; and on the contrary, the lower it is, the faster the material heats up.

The specific heat capacity (Equation 5) of a body is equal to the quantity of heat to provide in order to raise by 1K the mass unit temperature. The higher it is, the less the body heats up.

$$E = \sqrt{\lambda \rho c} \text{ [Eq. 4]}$$

$$c = \frac{E^2}{\lambda \rho} \text{ [Eq. 5]}$$

Where E is the thermal effusivity in $J.K^{-1}.m^{-2}.s^{-1/2}$; λ the thermal conductivity in $W.m^{-1}.K^{-1}$; ρ the bulk density of the material in $Kg.m^{-3}$ and c the specific heat capacity of the material in $J.Kg^{-1}.K^{-1}$

The thermal tests are not performed on the clay fired at 860°C since the results of other tests prove that it does not have the satisfactory attributes for the concrete.

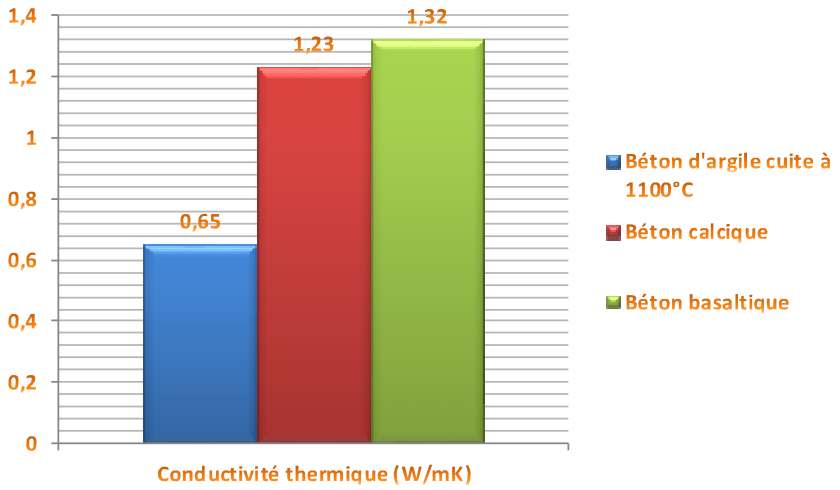


Fig. 20. Curves of the thermal conductivities of concretes

The figure 20 shows that the thermal conductivity of clay concrete is lower; it's followed by the limestone concrete. The basalt concrete has a higher conductivity, which means that the clay concrete is insulating and that other concretes are less insulating, therefore conducting.

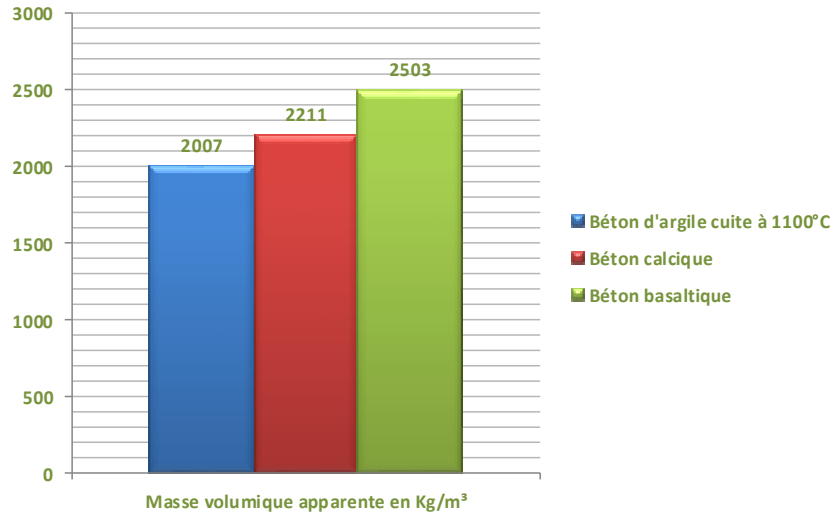


Fig. 21. Curves of the bulk specific density

Concerning the Figure 21, we can notice that the specific bulk density of the clay concrete fired at 1100°C is lower than other concretes, it is followed by the bulk density of the limestone concrete and finally by the basalt concrete which has the highest specific bulk density. Yet, when we compare these results with those obtained for the wet density, we have the same features except that there was water evaporation and that that specific bulk density is useful to calculate the thermal capacity of the concretes. The clay concrete fired at 1100°C is lighter than other concretes.

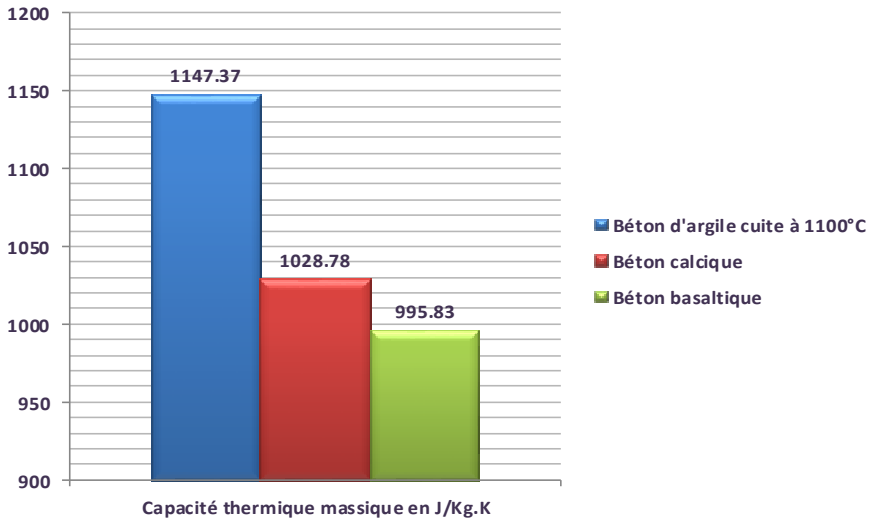


Fig. 22. Curves of the specific heat capacity

However, the figure 22 indicates that the thermal capacity of the clay concrete fired at 1100°C is higher than those of other concretes, it is followed by that of the limestone concrete and at last by that of the basalt concrete which has a lower thermal capacity. This means that it needs a significant amount of heat to raise the temperature of the concrete; therefore the clay concrete fired at 1100°C resists better to heat.

5.3.2 MECHANICAL TESTS

Mechanical tests performed on concretes are compression tests and splitting tensile tests.

The compression test of the concrete (Figure 23) allows to define the resistance of the concrete to compression. The test piece in study (16x 32 cm) undergoes an increasing load until it collapses. The resistance to the compression is the ratio of the breaking load and the cross-section of the test piece.

The splitting tensile test (Figure 24) permits to know the resistance of the concrete to tension. To do this test, a compressive stress along two opposite generators is applied to the test piece. This compressive stress leads to tension stress in the plane passing through these two generators. The breaking, due to these tension stresses, occurs in this plane. The calculation allows us to define the tension corresponding with that break.

Fig. 23. compression test

Fig. 24. splitting tensile test

The compression and splitting tensile test results made it possible to draw the following curves (Figures 25 and 26)

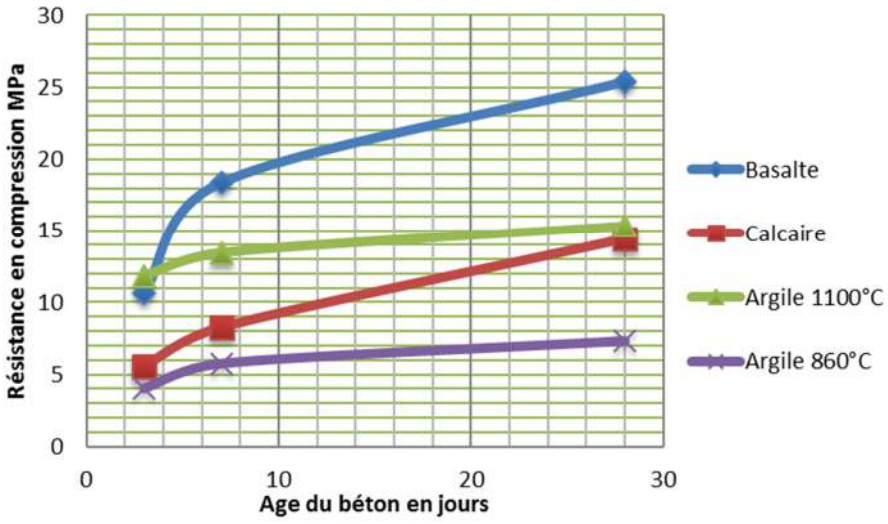


Fig. 25.Curve of the resistance in compression of the concrete according to age

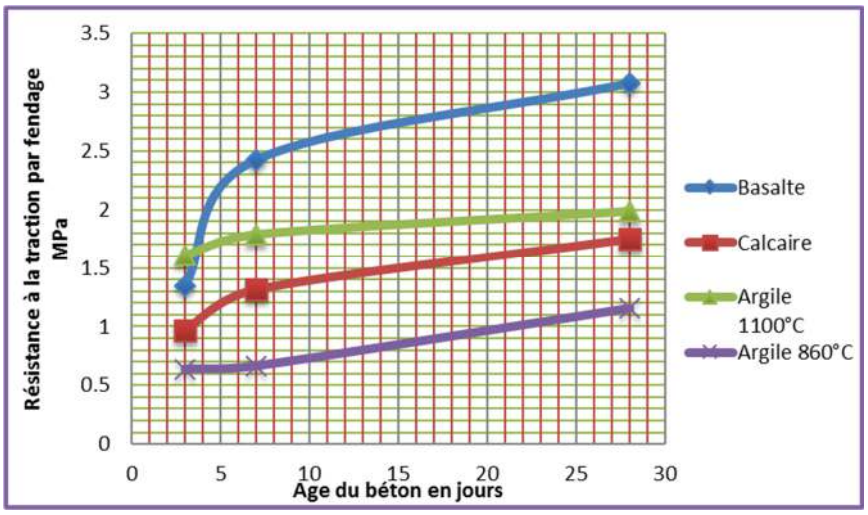


Fig. 26. Curve of the resistance in splitting tension of the concrete according to age

Figure 25 illustrates that the resistance to compression of the clay aggregates-based concrete fired at 1100°C is much higher than resistances to compression of limestone concrete and clay concrete fired at 860°C. However, it is slightly higher than that of the basalt concrete. This means that the basalt concrete has observed a setting delay in comparison with the clay concrete fired at 1100°C.

From the 7th day up to the 28th day, the resistance of the basalt concrete is higher and it is followed by the clay concrete fired at 1100°C, then the limestone concrete. The clay concrete fired at 860°C has a lower resistance.

In a nutshell, the basalt concrete has a better resistance than the clay concrete fired at 1100°C. The clay concrete fired at 860°C has a poor resistance compared with other concretes and does not, consequently, fit construction.

Figure 26 presents almost the same features as figure 25.

At 3 days, the resistance to tension of the clay aggregates-based concrete fired at 1100°C is considerably higher than those of the basalt concrete, the limestone concrete and the clay concrete fired at 860°C.

From the 7th to the 28th day, the resistance to tension of the basalt concrete is higher and it is followed by the clay concrete fired at 1100°C, then by the limestone concrete. The clay concrete fired at 860°C has also a lower resistance in compression as for the tension. Though, the 7th day, we can notice a drop of the resistance to the tension of the clay concrete fired at 1100°C.

The basalt concrete has a better resistance to compression as well as to tension than all other concretes.

6 CONCLUSION

This study helped us make clay-based expanded aggregates from Senegal. The characteristics of these aggregates have been compared with those of common gravels. The use of these gravels has brought satisfactory results when they undergo the right transformation.

For the clay aggregates studied, the best firing temperature is 1100°C. However, for better results taking into account the absorption as well as the bulk density, other tests could be carried out with different temperatures above and under 1100°C. That will allow us to find the optimum temperature and the minimum one in order to obtain a stability of clay aggregates; then, the maximum temperature and finally, the firing limit temperature to check the total vitrification of the material.

We are looking forward the inclusion of this type of expanded clay in the factories of companies like SOFAMAC for a step forward in the construction sector and civil engineering works.

REFERENCES

[1] Laukaitis A, Zurauskas R, Keriene J, 'The effect of foam polysterene aggregates on cement composite properties' cement and concrete composites, 27, P41-47, 2005
[2] Saradhi babu D, Ganesh babu K, Wee t. H, 'Properties of lightweight expanded polystyrene aggregate concrete containing fly aash,' Cement and concrete Research, 35, P1218-1223, 2005
[3] Milled K, Le roy R, Sab K, Boulay C, 'Compressive behavior of an an idealised eps lightweight concrete size effects and failure mode' Mechanics of materials, 36, P1031-1046, 2004
[4] Wang H. Y, Tsai K. C, 'Engineering properties of lightweight aggregate concrete made from dresged silt, Cement and Concrete Composites' 28, P481-485, 2006
[5] Yang C.C, Huang R , 'Approximation strength of lightweight aggregate using micromechanics method' advanced Cement Based Materials, 7, P133-138, 1998
[6] Chi J. M, Huangg R, Yang C. C, Chang J. J 'Effect of aggregate properties on the strength and stiffness of lightweight concrete' Cement and Concrete Composites, 25, P197-205, 2003.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1629-1637
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Désaffection des citadins pour le riz togolais

KPOTCHOU Koffi

Université de Lomé, Département de sociologie,
Laboratoire Dynamique Spatiale et Intégration Régionale (LaDySIR),
01 BP 1515 Lomé, Togo

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

ABSTRACT: Togo is a country where rice is grown. Quick and easy to cook, rice is a cereal of city dwellers. But in the city of Lomé, local rice is fiercely challenged by Asian, Western and even other African imports. Although local production is insufficient to meet domestic demand, there is still some Lomean's disaffection with Togolese rice. To understand this situation, qualitative research was conducted targeting the main players in the rice sector and consumers. The results reveal that most Lomean eaters show disinterest in local rice because of its appearance, taste and smell. Also, the adoption of imported scented rice is a way for the middle and upper classes of Lome citizens to enhance their social rank.

KEYWORDS: Togolese rice, quality, reluctance, disaffection, social distinction.

RÉSUMÉ: Le Togo est un pays où on cultive le riz. Rapide et facile à cuisiner, le riz est une céréale des citadins. Mais dans la ville de Lomé, le riz local est vivement concurrencé par les importations asiatiques, occidentales et même d'autres pays africains. La production locale est certes insuffisante pour satisfaire la demande nationale, néanmoins on remarque une désaffection des Loméens à l'égard du riz togolais. Pour percer cette problématique, une recherche qualitative a été conduite en ciblant les principaux acteurs de la filière riz et les consommateurs. Les résultats révèlent que la plupart des mangeurs loméens manifestent du désintérêt pour le riz local à cause de son aspect, son goût et son odeur. Aussi, l'adoption du riz parfumé importé est un moyen pour les classes moyenne et supérieure loméennes de valoriser leur rang social.

MOTS-CLEFS: riz togolais, qualité, réticence, désaffection, distinction sociale.

1 INTRODUCTION

L'agriculture constitue le socle du développement socioéconomique de la majorité des pays africains et emploie une population active considérable. Parmi les céréales cultivées, le fonio, le maïs et le riz occupent une place de choix compte tenu des habitudes alimentaires des populations.

Au Togo, selon les résultats du dernier Recensement National de l'Agriculture (2011-2014), le riz est la troisième céréale la plus consommée après le maïs et le fonio. Il est cultivé par 217 396 exploitants. Environ 75% des riziculteurs sont sur la chaîne de valeurs ajoutées riz parfumé et comptent environ 174 000 exploitants dont 88,76% d'hommes et 11,24% de femmes, d'après la même source. Pour la campagne 2013-2014, la production nationale a été évaluée à 160 939 tonnes de riz paddy. Aussi, durant cette même période, les quantités de riz blanc parfumé, de riz blanc non parfumé et de riz étuvé produites sont respectivement de 61 921 tonnes, 40 235 tonnes et 3 219 tonnes (ADA Consulting Africa, 2015).

Paradoxalement, en dépit de l'augmentation de la production locale, le constat est établi que la population, surtout urbaine, a plutôt de l'affection pour le riz importé au détriment du local. À en croire OSIRIZ (2017, p. 2), « la production locale a progressé notamment en Afrique de l'Ouest grâce à l'extension des surfaces rizicoles et à une bonne pluviométrie. Or, malgré cette amélioration, les importations ont augmenté aussi de 2% en 2016 ». Même si l'insuffisance de la production locale pouvait

justifier les importations, on se demande pourquoi les Loméens s'intéressent peu au riz local. La compréhension de cette attitude de dépréciation de cette céréale par le mangeur citadin constitue le fil conducteur de cette recherche qui vise à expliquer les facteurs de réticence des populations de Lomé face à la consommation du riz togolais.

2 REPÈRES THÉORIQUES

2.1 SPÉCIFICATION DE LA PROBLÉMATIQUE

Le continent africain est un pôle de croissance démographique sans précédent. En 2016, la population africaine est estimée à 1,2 milliard d'âmes. Elle devrait atteindre 2 à 3 milliards en 2050 (Wikipédia, 2016). Au regard de cette augmentation accélérée, les besoins alimentaires vont crescendo. Les céréales, notamment le maïs, le mil, le fonio, le riz constituent des aliments de base pour la population. Pour le cas du riz, la consommation totale en Afrique subsaharienne devrait passer de 20 à 48 millions de tonnes en 2050, et à 88 millions dans une hypothèse d'accroissement de 1,5% par an (Agrimonde, cité par P. Méndez del Villar et J.-M. Bauer (2013, p. 337)). Face à cette réalité, de grandes politiques agricoles sont mises en place dans presque tous les pays d'Afrique avec pour objectif affiché de booster les productions céréalières.

L'agriculture togolaise est au tournant de son développement. Des appuis substantiels sont accordés aux producteurs par les autorités en charge du secteur afin d'accroître les rendements. La mise en œuvre du Programme National d'Investissement Agricole et de Sécurité Alimentaire (PNIASA), à travers ses quatre projets majeurs, notamment le PASA[1], le PPAAO[2], le PNPER[3] et le PADAT,[4] a permis la consolidation des bases productives de l'agriculture togolaise. La conséquence en est la réalisation d'une croissance annuelle moyenne de 6% du produit intérieur brut agricole (MTPP[5], 2013). Dans les filières vivrières, halieutiques et les cultures d'exportation, d'énormes efforts sont déployés aussi bien par les organisations des producteurs, les organisations non gouvernementales, les pouvoirs publics, que par les partenaires financiers et techniques pour une amélioration quantitative et qualitative de ces filières. C'est dans cette perspective que P. Méndez del Villar et J.-M. Bauer (2013, p. 342) affirment :

> En réaction à la crise de 2008, outre la mobilisation des ressources pour les mesures d'urgence, les gouvernements ouest-africains et leurs partenaires ont lancé des programmes de soutien à moyen terme à la production. On citera l'« Initiative Riz » au Mali, la « Grande Offensive Agricole pour la Nourriture et l'Abondance » au Sénégal. Les bailleurs de fonds, pour leur part, ont adopté des programmes, tels que le « Food Facility » de l'Union européenne, et le « Feed the Future » de l'Agence américaine de développement (USAID[6]), ce qui témoigne du renouveau d'intérêt des bailleurs de fonds pour les questions d'agriculture et de sécurité alimentaire.

Spécifiquement, pour la filière riz au Togo, elle bénéficie de l'appui de l'État. Les rizicultures pluviale, du bas-fond et irriguée sont pratiquées sur tout le territoire et génèrent des rendements favorables. Selon des sources d'avant 2010, année de mise en œuvre du PNIASA, la riziculture pluviale est estimée à 10% de la production nationale et pratiquée dans la région des Plateaux où les précipitations sont favorables (K. Aboa *et al.*, 2006). Pour la riziculture irriguée, elle représente 25% de la production nationale (A. Agbobli et K. Tétévi, 2004) et pour le riz du bas-fond, il génère plus de 60% de la production nationale. Ce riz est cultivé dans les bas-fonds non aménagés ou sommairement aménagés sans maîtrise d'eau dans toutes les régions du Togo (K. Aboa *et al.*, 2006).

En 2014, le Togo a produit 61 921 tonnes de riz blanc parfumé (ADA Consulting Africa, 2015) alors que les besoins de la population sont évalués à 134 849 tonnes de riz usiné DSID (2013). Même si la production locale n'arrive pas à satisfaire les besoins nationaux, l'augmentation du rendement est un résultat des nouvelles politiques agricoles mises en œuvre depuis 2010.

[1] Projet d'Appui au Secteur Agricole.
[2] Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest.
[3] Projet National pour la Promotion de l'Entreprenariat Rural.
[4] Projet d'Appui pour le Développement Agricole au Togo.
[5] Magazine trimestriel des projets du PNIASA.
[6] United States Agency for International Development.

Afin que les produits locaux se retrouvent dans le panier de la ménagère et dans les assiettes du mangeur, beaucoup d'initiatives ont été prises tant par l'État que par des organisations de la société civile.

À travers le PASA qui a vu le jour en 2011, le gouvernement appuie toutes les initiatives qui promeuvent les produits locaux et incitent les Togolais à consommer local. Organisé chaque année, le Forum National du Paysan Togolais regroupe les acteurs du monde agricole. Au cours de ce forum les produits locaux sont valorisés. Des recommandations fortes sont formulées à l'endroit de tous les acteurs, l'accent est mis sur la promotion des produits locaux et la nécessité de consommer local afin de permettre aux paysans et transformateurs de vivre décemment de leurs activités. En 2014, sous l'initiative de la COTPAT[7], le ministère de l'agriculture a lancé la « vitrine produits du terroir » qui est un espace d'exposition et de vente des produits locaux transformés sur place (MAEH, 2014).

Actuellement, des organisations de la société civile ont pris l'identité de promotrices de la consommation des produits locaux. C'est le cas de l'OADEL[8]. En 2010, elle a réalisé, avec l'appui financier du gouvernement, la brochure *Les produits locaux dans vos assiettes*, qui valorise le « Consommons local ». Ce livret fait la promotion de 193 produits locaux transformés dont le riz. Dans la même logique, en octobre 2012, elle a lancé à Lomé le magazine *Consomm'Acteurs*. La publication en 2015 du livre *50 recettes du Togo pour revaloriser le terroir*, la diffusion du film AlimenTERRE et l'ouverture du marché AlimenTERRE (novembre 2016), devenu une foire de promotion des denrées locales à travers l'exposition des produits agricoles togolais transformés sur place, encouragent la consommation de ceux-ci.

Autant de mesures dont l'objectif commun est d'inciter les Togolais à se tourner vers les produits locaux et à vaincre le complexe des produits importés. Malgré toutes ces actions en faveur de la consommation locale, on constate que les Loméens ont plus de préférence pour le riz importé, suscitant ainsi un questionnement : comment peut-on expliquer la réticence des populations de Lomé à consommer du riz local malgré sa disponibilité ? Mieux : qu'est-ce qui justifie la propension des citadins à l'égard du riz importé ? Quelle représentation les consommateurs construisent-ils autour du riz local ? Le travail part d'une réponse provisoire selon laquelle le désintéressement des consommateurs loméens pour le riz togolais s'explique par la concurrence du riz importé.

2.2 CADRE THÉORIQUE DE RÉFÉRENCE

Cette recherche s'inscrit dans la dynamique de la théorie du choix rationnel de R. Boudon (2009). Il est question de comprendre à travers cette théorie les raisons qui poussent les consommateurs à choisir tel riz plutôt que tel autre. Cette théorie est une variante de l'individualisme méthodologique. Pour M. Weber (1999), on ne peut négliger l'évidence selon laquelle les causes réelles des phénomènes sociaux ont leur origine dans les acteurs individuels, leurs actions, choix, décisions, motivations, attitudes et croyances. La bonne explication d'un phénomène social est donc celle qui le ramène à ses causes individuelles, lesquelles doivent être établies par des procédures scientifiques dûment contrôlées. En effet, les vendeurs, de même que les consommateurs du riz font des calculs minutieux au regard de leur capacité financière avant d'acheter tel riz ou tel autre. L'individu, étant rationnel, voit d'abord ses capacités économiques, ses motivations pour le produit, le bénéfice à tirer avant d'opérer le choix.

Les consommateurs font des analyses avant de décider du riz à acheter. Cette décision est prise suite à une analyse rigoureuse sur la qualité du produit, l'emballage, le coût, le besoin à satisfaire. La théorie du choix rationnel peut donc expliquer les comportements qu'opèrent aussi bien les consommateurs que les commerçants face à l'achat ou à la vente du riz local ou importé.

3 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

La méthodologie utilisée est essentiellement centrée sur la documentation et l'analyse qualitative axée sur les entretiens individuels et de groupe puis l'observation simple. Les acteurs ciblés sur le terrain pour recueillir les informations sont les gérants des Entreprises, Services et Organisations des Producteurs (ESOP), les consommateurs et les commerçants du riz à Lomé comme dans les zones productrices de riz, les autorités en charge du secteur agricole. L'échantillonnage raisonné est privilégié pour chaque cible.

[7] *Coopérative des Transformateurs des Produits Agricoles du Togo.*
[8] *Organisation pour l'Alimentation et le Développement Local.*

L'enquête de terrain a été menée auprès de 5 gérants d'ESOP de riz à Kovié, Mission-Tové, Notsè, Adeta et Avetonou. 50 consommateurs ont été enquêtés dans leur ménage à Lomé, à Mission-Tové et à Kovié. 20 autres consommateurs, 15 commerçants de riz et 10 restaurateurs ont été touchés dans les marchés de Bè, Akodesséwa, Agoè-Assiyéyé, Adidogomé, Totsi, Adawlato. 2 *focus groups* ont été réalisés, l'un homogène avec 8 consommateurs dans le quartier Djidjolé. L'autre, mixte avec 5 consommateurs et 5 commerçants à Hédzranawoé. Parmi les autorités en charge du secteur agricole, 4 ont été entretenues individuellement. La diversité de ces acteurs dans l'échantillon a permis d'avoir des informations variées et de croiser les regards afin de mieux expliquer la réticence face à la consommation à Lomé du riz local. L'interprétation des résultats a été faite à partir d'un regroupement thématique approprié au regard des informations collectées.

4 RÉSULTATS

Les données recueillies révèlent une forte propension de la population à la consommation du riz importé. La demande du riz local ou importé est déterminée essentiellement par la rationalité du mangeur citadin.

4.1 LE RIZ TOGOLAIS, UN PRODUIT RURAL POUR LES RURAUX ?

L'acte alimentaire revêt, selon J.-P. Poulain (2002), la connexion bio-anthropo-sociologique d'un groupe humain à son milieu. La disponibilité du produit est une condition sine qua non de sa consommation. Ainsi, le riz togolais est plus consommé dans les localités où il est produit (Kovié, Agomé Glozou, Mission-Tové, Kpélé). La rationalité des ruraux est guidée par la logique de la proximité d'achat. C'est ce qui ressort des propos d'un paysan enquêté à Kovié : « Nous les villageois, nous sommes habitués à consommer plus le riz local que celui importé. Cette céréale, nous la cultivons nous-mêmes, nous l'avons dans nos greniers. D'ailleurs, nous n'avons pas assez de moyens pour nous procurer le riz importé. »

Le riz local est surtout vendu sur les marchés ruraux dans ces agglomérations. La clientèle est essentiellement composée des villageois ne cultivant pas cette céréale et des populations alentours. La logique de la proximité d'achat qui oriente les ruraux vers les variétés locales du riz intègre un aspect diffus facilitant le transport dans d'autres villages environnants de la rationalité en vigueur dans les zones de production. Cet effet contagieux associé à la disponibilité quasi-permanente du produit togolais dans les milieux ruraux conforte les villageois dans leur préférence pour cette céréale.

Des statistiques nationales de consommation du riz local par zone (rurale, urbaine) n'existent pas. Néanmoins, l'observation simple a permis de se rendre à l'évidence que, dans les milieux ruraux explorés, le riz local est plus présent dans les habitudes alimentaires des populations que l'importé. C'est le phénomène contraire qui s'observe à Lomé. En effet, le riz que la majorité de ces ruraux consomment n'est pas, dans bien de cas, transformé à l'usine. Il est décortiqué de manière rudimentaire[9] à l'aide des mortiers en bois ou des sacs servant à enlever, en pilant ou en battant, la graine de son enveloppe. Cette situation diminue l'effet de la concurrence chez ces ruraux qui achètent directement leur riz auprès des riziculteurs en se souciant peu de son aspect physique.

Sous l'angle géographique, les populations rurales ont une propension à consommer le riz local alors que celles des zones urbaines préfèrent manger le riz importé. Si on explique cette tendance chez les ruraux par leur proximité des zones de culture rizicole, comment comprendre alors le choix des citadins qui raffolent du riz importé produit loin de leurs yeux dans des pays étrangers ?

4.2 RIZ, UNE CÉRÉALE PRÉFÉRÉE DES CITADINS MAIS PAS N'IMPORTE LEQUEL

D'après P. Méndez del Villar et J.-M. Bauer (2013, p. 336), « le riz occupe une place prépondérante dans la diète alimentaire des Africains. Il représente plus de 25% des céréales consommées, se plaçant au deuxième rang derrière le maïs ». Les pratiques alimentaires à Lomé répondent bien à ce constat. En occupant la troisième place parmi les céréales consommées au niveau national, le riz fait partie des préférences alimentaires des Loméens. Or, il s'avère que ceux-ci sont réticents à consommer le riz *made in* Togo malgré l'existence de plusieurs variétés locales, à l'instar du riz Délice, Jubilé d'or, Le Fermier, Kotokoli (Kétikéti), du riz de Kovié, de Dapaong, d'Agoméglozou, de Mission-Tové.

[9] *Kovié en fait exception car depuis 1965, des décortiqueuses y sont installées.*

Le faible penchant des habitants de la ville pour le riz local s'observe à travers sa quasi-absence dans les marchés et supermarchés de la capitale. Pour preuve, les enquêtes de consommation estimaient en 2011 le marché de Lomé pour le riz local à 1,8 milliard de francs CFA contre 17,1 milliards pour le riz importé (E. Lomet et N. Bricas, 2017, p. 12). Autrement dit, le riz local ne représente, en valeur numéraire, que 10% du riz importé. Certes, le riz local est insignifiant sur le marché à cause de l'infime production ; cependant, pourquoi le peu qui est étalé se vend difficilement ? Les mangeurs loméens ne choisissent-ils pas leur riz essentiellement en regard de la qualité, du prix, de l'information et du prestige ?

4.2.1 UNE QUALITÉ PEU ATTRACTIVE

Le concept « qualité » employé ici ne concerne que l'aspect physique du riz et provient de la traduction presque littérale du terme éwé *« adodoé »* ou *« nyuii/nyuéé »* en français. Les aspects nutritifs ne sont donc pas pris en compte même si, par endroits, le souci de comparaison les fera apparaitre dans certaines interprétations.

Le riz parfumé importé (Gino, Jodano, Sister Grace, Royal), selon la plupart des opinions recueillies, est plus prisé par les populations loméennes que le riz blanc parfumé local (Le Fermier, Délice). Il en est de même pour le riz blanc non parfumé : les variétés de riz thaïlandais, vietnamien, brésilien sont plus achetées à Lomé que le riz d'Agoméglozou ou de Kpélé par exemple.

Les enquêtés ont une représentation négative du riz togolais. La majorité des personnes interrogées trouvent que le riz local comparativement au riz importé n'est pas de meilleure qualité. La qualité manquée du riz local est liée à son mauvais traitement. Le conditionnement médiocre du paddy au séchage entraîne souvent la présence de grains de sable dans le riz togolais, comme le déclare une jeune dame au marché d'Adidogomé : « On ne peut jamais manger le riz local sans casser un grain de sable, ce qui dérange beaucoup et te coupe l'appétit. » À Kovié, l'observation simple a montré que l'aire de séchage construite par les Chinois en 1965, avec l'effet du temps, laisse voir des fissures. Les grains de sable pénètrent dans le paddy séché à travers ces fissures et il n'existe pas encore de mécanisme approprié pour les extraire avant l'ensachage.

En outre, l'aspect rigide du riz local dégoûte le consommateur loméen. Moins mou que les autres variétés de riz, il demande une technique particulière de cuisson. Il gonfle peu et donne une odeur et un goût parfumés faibles. Pour la consommation familiale, l'exigence d'une technique spéciale de cuisson décourage la ménagère. Il ne présente pas d'intérêt pour les restaurateurs parce qu'il est moins gonflant et collant. C'est ce que confirme une vendeuse de riz (restauration de rue) à Hédzranawoé : « La préparation du riz local nous prend assez de temps. Son aspect rigide nous oblige à en ajouter de l'eau par petites quantités à plusieurs reprises au moment de la cuisson, ce qui le rend collant et ne nous profite pas. Il est même moins apprécié par les clients. »

De même, l'aspect visuel du riz local et son emballage constituent des facteurs répulsifs pour les mangeurs. Sa couleur (jaune ou sombre) a une influence sur la psychologie des consommateurs et, de ce fait, ils sont réticents à l'adopter. Cette répulsive qualité se mesure au traitement et à la conservation avec le mélange de longs et petits grains, et à la présence de charançons. En effet, l'emballage n'étant pas ferme et résistant, il laisse passer l'air à l'intérieur en offrant une condition de développement et de multiplication des insectes nuisibles aux grains.

C'est dans cette perspective qu'un consommateur de riz importé interrogé à Bè fait cette révélation : « Les variétés de riz produit au Togo contiennent des résidus de sable, contrairement aux variétés importées qui sont bien blanches. Avec des emballages attrayants, elles sont également adaptées à la conservation. Elles gonflent aussi bien. »

Au-delà des qualités manquées, certains enquêtés soutiennent néanmoins que le riz local est nutritif car sans additifs chimiques. Pour cela, témoigne une commerçante de riz lors du *focus group* à Hédzranawoé : « entre-temps, lorsque les informations circulaient sur les réseaux sociaux que les Chinois déversent sur le marché du riz fabriqué à base de plastique, mes clients ont préféré plutôt acheter du riz togolais ». Le riz local étant produit à proximité, il inspire plus confiance aux consommateurs.

Ainsi, la mauvaise qualité du riz *made in* Togo dépend des conditions dans lesquelles il est produit, décortiqué et conservé. Concernant la compétitivité avec le riz importé, des efforts soutenus sont nécessaires au niveau de chaque chaîne de valeur (fournisseurs d'intrants, producteurs, collecteurs, transformateurs, grossistes et détaillants) en vue d'influer sur le choix des consommateurs citadins qui, *a priori*, ont construit une confiance dans la naturalité du riz local. Dans ce cas, la désaffection serait-elle liée au prix de vente de ce dernier ?

4.2.2 LE PRIX, UN OBSTACLE À LA CONSOMMATION DU RIZ TOGOLAIS ?

L'appréciation de la variation dépend des types de riz, c'est-à-dire du riz parfumé et du non parfumé. Le riz non parfumé *made in* Togo est en général plus cher que les variétés non parfumées importées. À Lomé, il est remarqué que le riz non parfumé local est vendu à l'aide des bols dans les marchés et chez quelques rares boutiquiers tandis que le riz importé, en sacs de 25 et 50 kilos, est visible dans les marchés et dans toutes les boutiques spécialisées en alimentation générale. En mettant en relation le prix et la qualité du riz non parfumé local, on se rend compte que le rapport qualité/prix est peu attractif. Le sac de 25 kilos de riz importé est vendu 3 000 à 6 000 francs CFA moins cher que celui du riz local (en considérant les variétés long grain et brisure). Face à cette différence de prix, le consommateur préfère l'importé. S'agissant des restaurateurs de rue, la rationalité de bénéfice leur impose le choix du moins cher. « En plus d'être moins chers, le riz thaïlandais et aussi les variétés importées de la Côte d'Ivoire et du Nigeria sont plus gonflants et se conservent plus longtemps que le riz de chez nous », déclare une restauratrice à Bè.

Le prix comme déterminant de l'achat de riz se mesure au comportement du consommateur pendant la crise financière de 2008. En effet, « la crise de 2008 s'est inscrite dans une situation générale de hausse des prix agricoles et de l'énergie » (P. Méndez del Villar et J.-M. Bauer, 2013, p. 340). L'envolée des prix du riz s'explique par les mesures de restriction imposées par les exportateurs (Thaïlande, Chine, États-Unis, Vietnam, Brésil). Pendant cette période, beaucoup de consommateurs à revenu faible et moyen sont revenus au riz local : « quand le prix du riz importé a flambé en 2008, nous avons assez vendu du riz togolais surtout aux femmes qui préparent à manger au bord de la rue », se rappelle une commerçante de riz au marché de Hédzranawoé.

Toutefois, lorsqu'on considère le second type de riz, le riz parfumé, la relation s'inverse. Le rapport qualité/prix donne le riz importé plus cher. Actuellement, le sac de 25 kilos de Gino ou Sister Grace se vend autour de 31 000 FCFA alors que celui du riz local Délice coûte 17 500 FCFA. On dépense donc à peu près le double du prix du riz parfumé togolais pour acheter la même quantité du riz importé. Pourtant, les Loméens préfèrent acheter l'importé pour des raisons qui sont abordées dans les rubriques suivantes.

4.2.3 CONSOMMATION DU RIZ, UN INDICATEUR DE DISTINCTION SOCIALE

Se faire distinguer dans la société est une tendance propre à l'homme. En 1979, P. Bourdieu soutenait que la distinction est au cœur du jeu social. Ce que nous mangeons nous distingue. À Lomé, on parle du plat des riches (*gatowobénoudoudou*) et du plat des pauvres (*woménowobénoudoudou*). Un proverbe éwé avertit que le pauvre ne mange pas à la table du riche tout comme celui-là n'achète pas dans le marché de celui-ci. Le riz occupe une place importante dans ce jeu de distinction sociale. Il renvoie à une image de prestige. Le riz parfumé importé est consommé dans les ménages à niveau de vie élevé car selon les avis des enquêtés, ce sont des riches qui peuvent consommer cette denrée. En effet, « consommer le riz local montre qu'on est pauvre ; la consommation du riz parfumé importé est un signe d'aisance et a une valeur symbolique » (propos d'un consommateur, *focus group* mixte). La consommation du riz local est un signe extérieur de pauvreté et ne valorise pas le rang social : « tout comme les villageois ne mangent du riz que pendant les fêtes de fin d'année, celui qui achète du riz local à Lomé se dévalorise car c'est un riz sale, plein de cailloux et d'insectes. Un vrai homme ne mange pas les choses de cette nature », affirme un chef de ménage à Lomé.

Nombre de personnes, pour se faire distinguer et affirmer leur personnalité, préfèrent acheter du riz parfumé importé pour son aspect, son goût, son odeur et la célébrité de son nom à travers les médias. Cette vision perceptible de valorisation du rang social par la consommation du riz parfumé importé est corroborée par une ménagère interrogée dans le marché de Totsi :

> Autant que nos styles vestimentaires, notre alimentation traduit notre position sociale, c'est-à-dire si on est riche ou pauvre. Le riz importé souvent pris comme du riz bien entretenu et de qualité, une personne fortunée ne peut pas, en tant qu'homme de valeur devant la société, acheter le riz local que tout le monde reconnaît par l'aspect de son emballage.

La consommation du riz parfumé importé permet d'affirmer son appartenance à la haute classe, de se distinguer des pauvres. Les variétés parfumées comme Gino, Jodano, Sister Grace influencent l'alimentation dans les ménages et montrent les différences dans la perception des goûts et des dépenses de consommation. Le prix d'achat et la qualité de ce riz valorisent son consommateur. Certains pensent que manger du riz parfumé importé leur donne le sentiment d'être supérieurs aux autres tel que l'affirme ce chef de ménage : « ce sont les riches qui consomment du riz parfumé importé, pas n'importe qui ». Une commerçante en donne la raison :

> Le riz parfumé importé (*édouta bé moloua*) est préféré par les classes moyenne et supérieure afin d'exhiber leur place dans la société et conserver leur honneur. Les publicités faites pour le riz importé amènent la

> population à lui donner plus de considération ; par conséquent, la société a plus d'estime pour ceux qui achètent et consomment ce riz.

Même constat dans les restaurants modernes : « comme ce sont de grandes personnes qui viennent manger chez moi, je ne peux pas oser préparer du riz parfumé Délice, à moins que je veuille fermer mon resto », affirme un restaurateur à Adawlato.

Consommer le riz parfumé importé est donc une question d'exhibition et de valorisation du rang social parce que c'est une denrée de qualité, agréable à la vue avec une bonne odeur, un bon goût et moins collant. Il y a des personnes qui insèrent ce riz parfumé dans leurs habitudes alimentaires afin d'attirer le respect de l'entourage. C'est le cas d'un peintre bâtiment qui témoigne :

> Pour manger du riz chez moi, c'est Le Fermier. Comme nous habitons une cour commune, il est difficile de préparer sans que les autres ne soient au courant du menu. Ma femme et moi sommes victimes des moqueries de nos voisins à chaque fois que nous préparons du riz. Ceci frustrait ma femme et un jour, avec une petite économie, nous avions préparé Gino. Nos voisins s'étaient mis à chuchoter entre eux que les choses ont changé pour nous. Voyez comment un simple riz peut jouer avec votre honneur !

S'il est vrai que le type de riz identifie son consommateur et le distingue et que les classes moyennes et supérieures perçoivent le riz parfumé importé comme un des aliments différenciateurs, les producteurs du riz parfumé local doivent s'efforcer d'améliorer la propreté, l'aspect, le goût, l'image de leur céréale afin de faire face à la concurrence avec le riz importé, le riz togolais ayant déjà l'avantage de l'authenticité, de la naturalité.

4.3 LE RIZ LOCAL, UNE CÉRÉALE CACHÉE

Il y a une forte communication autour du riz importé comme Sister Grace, Gino, Patron, Alizé, Oncle Bob, Jasmine, la Rivière, Oryza, Aïcha, Shina. À travers la publicité sur les médias locaux, ces différentes catégories de riz sont valorisées et le choix du consommateur est orienté. Quoi qu'on dise, parmi les variétés importées, il y en a dont la qualité est égale et même inférieure à celle du riz togolais pourtant inconnu de la population. Plusieurs enquêtés consommateurs sont incapables de citer deux noms de riz local mais épuisaient presque la liste des catégories de riz importé. Selon eux, la méconnaissance du riz local s'explique par l'effet de la publicité et de la visibilité de cette céréale du terroir : « chaque fois, sur toutes les télévisions locales comme RTDS, TVT, TV2, et même sur les radios, on ne parle que du riz importé avec ses qualités, jamais du riz togolais. Dans les boutiques, je vois le riz Délice mais je n'ai jamais su que c'est du riz produit chez moi, ce n'est pas de ma faute » (propos d'une ménagère pendant le *focus group* à Djidjolé). Pourtant, à en croire un responsable d'ESOP, le riz togolais a des qualités profitables à la santé : « que ce soit le riz de Kovié, de Mission-Tové, d'Agomé Glozou et bien d'autres, même si on reproche à ces familles de riz d'être sales, elles sont amidonnées et naturellement parfumées contrairement à certains types de riz importé qui sont très secs et renferment des additifs chimiques ».

La faible communication autour du riz local est un manque à gagner pour ses promoteurs. Or, ceux-ci ne disposent pas de moyens financiers conséquents pour faire connaître leurs produits comme le fait observer un enquêté :

> Le manque de moyens financiers et des équipements techniques sont à la base de la non-publicité autour du riz local. Un paysan de Mission-Tové n'a pas les mêmes moyens qu'un grossiste. Prenons l'exemple d'un spot publicitaire qu'une unité de transformation a effectué en 2016 qui lui a coûté 15 millions de FCFA sur 6 mois à la télévision nationale. Le refus d'achat du riz local étant fréquent, l'entreprise ne peut pas continuer à faire la publicité, faute d'argent, parce que 50% du personnel émargent sur le budget de l'entreprise (Propos d'un cadre du ministère en charge de l'agriculture).

La publicité est un instrument indispensable pour la promotion des produits. À en croire D. G. Kadma (2007, p. 11) :

> La publicité a pour rôle de produire la connaissance au consommateur en vue de créer la demande pour le produit, stimule les achats. La publicité est un instrument dont l'entreprise dispose pour établir et maintenir un contact commercial avec la clientèle. Elle fait connaître le produit pour le désirer et ensuite demander.

Il y a moins de communication autour du riz local dont la visibilité est compromise par de nombreuses et interminables publicités en faveur du riz importé, ce qui oriente le choix du consommateur. Grâce à la communication à grande échelle, les populations seront informées de l'existence des variétés de riz local et de leurs capacités nutritives, ce qui déterminerait leur choix comme cela a été le cas d'un enquêté : « j'ai un collègue enseignant-chercheur qui est de Kovié où on cultive du riz. Il m'a parlé du goût et de l'odeur naturels du riz de Kovié et m'a montré comment il faut le laver et le préparer. Je l'ai essayé et tout mon ménage l'a adopté depuis 3 ans déjà ». Ainsi tous les acteurs de la chaîne de valeur du riz togolais doivent-ils comprendre que la communication est un véritable enjeu commercial. Elle suscite une interaction entre le producteur et

l'acheteur. Elle crée une confiance entre les deux acteurs. Elle contribue à diffuser l'image de marque des produits. Elle vise aussi de manière directe et indirecte à influencer autrui, à lui "imposer" le choix, puisque le consommateur citadin, à travers ses choix, recherche, sans l'oublier, une distinction sociale.

5 DISCUSSION

Les résultats auxquels parvient cette recherche fustigent la qualité extérieure du riz togolais. Pour cause, la filière riz est confrontée à d'énormes difficultés au Togo. Du point de vue de l'itinéraire technologique, beaucoup reste à faire dans le cadre de la recherche pour assurer la qualité du riz paddy. Pareil au niveau des recherches sur des récoltes, la commercialisation et des technologies de transformation. C'est la conclusion d'un travail de Waadsworth et Hosokawa, cités par ADRAO[10] (2004) qui estiment que peu d'attention a été accordée à l'amélioration de la récolte, aux pratiques de récolte manuelle de riz et aux technologies de transformation. Peu d'attention a été également accordée à l'amélioration du traitement et de la commercialisation du riz local. La plupart des entreprises togolaises sont dans une logique de transformation rudimentaire, ce qui impacte la qualité physique et organoleptique du riz blanc et fait construire une mauvaise représentation des mangeurs loméens autour du riz local.

Pour la théorie du choix rationnel qui sert de modèle d'analyse des résultats de ce travail, l'acteur est conscient de ce qu'il fait. Ainsi, N. Rescher, cité par R. Boudon (2006, p. 317) déclare que « […] la rationalité est de par sa nature même téléologique et orientée vers des fins », précisant que « téléologique » ne se confond pas avec « instrumental ». Il continue en effet : « La rationalité cognitive cherche à atteindre des croyances vraies. La rationalité évaluative cherche à atteindre des évaluations correctes. La rationalité pratique cherche à viser de façon efficace des objectifs appropriés. »

Dans cette veine, le consommateur choisit son riz en fonction de ses logiques, du bénéfice qu'il peut en tirer. Le choix qu'il porte sur un type de riz est le résultat issu de profonde réflexion préalable. Pour R. Boudon (2009), les raisons qui inspirent les comportements, les attitudes, les croyances de l'acteur et leur donnent sens à ses yeux lui sont dictées dans certains cas par son intérêt égoïste et peuvent prendre alors la forme du coût calcul–bénéfice. Dans d'autres cas, les raisons de l'acteur relèvent de la rationalité cognitive : lorsque son objectif premier est de rechercher le vrai, dans la mesure de ses moyens (l'aspect, le goût et l'odeur positionnent le riz importé comme une denrée de qualité). Dans d'autres cas encore, les raisons de l'acteur relèvent de la rationalité axiologique : son objectif est de déterminer, dans la mesure de ses moyens, ce qui est bien, légitime de faire dans telle ou telle circonstance (consommer du riz parfumé importé pour se faire distinguer, pour garder son prestige).

Toutefois, cette théorie n'explique pas tous les aspects du comportement du mangeur loméen. Toutes ses attitudes alimentaires face au riz n'ont pas toujours une explication rationnelle. La rationalité du mangeur de riz se trouve donc limitée. Puisque dans certains cas le choix effectué est une pure imitation de la préférence de l'autre. Dans d'autres cas, il est fortement influencé par l'effet des médias comme l'a constaté K. M. Gbemou (2018, p. 300) : « les habitudes alimentaires de la population togolaise changent sous l'effet des pratiques publicitaires ». Le choix du riz à consommer est parfois guidé par la prise en compte des habitudes alimentaires dominantes de son groupe d'appartenance. Le citadin, par souci de commodité qui prévaut dans son cadre de vie, adopte et développe facilement la préférence au riz importé. Ce conformisme alimentaire, tout en gardant son caractère influent, s'affiche davantage sous l'angle de la consolidation de l'identité collective basée sur l'idée de distinction sociale forgée autour de la consommation du riz parfumé importé. Le contraste entre phénomène culturel réfléchi et adoption mécanique héritée que renferme ce cas érode la théorie de la rationalité, même s'il ne la démolit pas complètement.

6 CONCLUSION

Malgré la place du riz dans l'alimentation en ville, le riz local fait face à une réticence dans l'attitude du consommateur citadin. D'une part sur le plan de production, le faible niveau d'adoption des techniques améliorées, l'enclavement des zones à fort potentiel agricole remettent en cause la qualité du riz togolais. D'autre part, la qualité du riz décortiqué, le coût élevé de la transformation, le manque de publicité, la recherche de distinction font que les populations ont tendance à le délaisser au profit du riz importé qui envahit les marchés loméens. L'urbanisation au Togo s'accélère et une classe moyenne émerge et se diversifie. Si le riz est un aliment des urbains, sa demande ira toujours croissante. Dans l'hypothèse où le riz de qualité réfère

[10] *Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest.*

à une image de prestige, il y a besoin que les pouvoirs publics, les partenaires techniques et financiers accompagnent davantage les acteurs de la chaîne de valeur du riz local en vue de satisfaire deux impératifs :

- accélérer le rythme de développement de la production locale pour répondre à l'expansion de la demande et limiter en conséquence les importations massives ;
- agir sur le prix, améliorer la qualité intrinsèque et développer autour du riz local un système efficace de marketing dans le but d'inverser les représentations actuelles que les Loméens ont construites sur l'image de cette denrée.

REFERENCES

[1] ABOA Konkontiba, KPEMOUA Kossi et DANTSEY-BARRY Hadyatou, 2006, *Situation de Référence du riz*, ITRA-CRAF, Lomé.

[2] ADA CONSULTING AFRICA, 2015, *Analyse économique et financière des chaines de valeur ajoutée des filières riz et aquaculture pour la promotion de l'auto-emploi des jeunes au Togo*, Rapport d'étude, Lomé.

[3] ADEGBOLA Patrice et SODJINOU Épiphane, 2003, *Étude de la compétitivité de la riziculture béninoise*, PAPA /INRAB/MAEP et ADRAO, Cotonou.

[4] ADRAO, 2004, *Improving rice grain quality and competitiveness through better harvest and post-harvest technology*, Bamako.

[5] AGBOBLI Amavi et TÉTÉVI Kossi, 2004, *Politique de sécurité alimentaire au Togo : cas de l'Opération de Joint-Venture avec les riziculteurs pour la promotion de la production du riz local compétitif*, ITRA, Lomé.

[6] BOUDON Raymond, 2006, *Renouveler la démocratie, éloge du sens commun*, Paris, Odile Jacob.

[7] BOUDON Raymond, 2009, *La Rationalité*, Paris, PUF.

[8] BOURDIEU Pierre, 1979, *La Distinction, critique sociale du jugement*, Paris, Minuit.

[9] GBEMOU Kokou Mawulikplimi, 2018, « Intégration régionale et paysannerie togolaise : enjeux et défis », in HETCHELI Kokou Folly Lolowou (éd.), *Intégration régionale, paix et développement dans l'espace CEDEAO*, Lomé, Presses de l'Université de Lomé.

[10] GNÉKOÉZAN Gervais, *50 recettes du Togo pour revaloriser le terroir*, 2015, Lomé, OADEL.

[11] KADMA Deo Gracias, 2007, *L'Impact de la publicité dans la phase de lancement du produit communicationnel dans une entreprise de la téléphonie cellulaire, cas de Â « Â Zain Congo Â Â » 2007-2009*, diplôme de graduat en communication et journalisme, Université pédagogique nationale de Kinshasa.

[12] LOMET Elisa et BRICAS Nicolas, 2017, *Étude des styles alimentaires à Lomé pour identifier les moyens de relancer la consommation des produits locaux*, Rapport de synthèse, juin, Lomé.

[13] MAGAZINE TRIMESTRIEL DES PROJETS DU PNIASA, VIE AGRICOLE DU TOGO, 2013, *Quels défis pour l'agriculture togolaise ?* n° 001, Lomé.

[14] MÉNDEZ DEL VILLAR Patricio & BAUER Julien, 2013, *Le Riz en Afrique de l'Ouest : dynamiques politiques et perspectives*, Can Agri 22, p. 336-344. Doi : 10 1684/agri 2013. 0657.

[15] OADEL, 2010, *Les Produits locaux dans vos assiettes*, Lomé, OADEL.

[16] OSIRIZ, 2017, *Rapport mensuel du marché mondial du riz*, février, n°156.
Disponible sur http://www.infoarroz.org/portal/uploadfiles/20170309151058_15_ia0217fr.pdf

[17] POULAIN Jean-Pierre, 2002, *Sociologies de l'alimentation. Les mangeurs et l'espace social alimentaire*, Paris, PUF.

[18] RÉPUBLIQUE TOGOLAISE, DSID, 2013, *Quatrième Recensement National de l'Agriculture (RNA)*, vol. VI : module complémentaire, Lomé.

[19] RÉPUBLIQUE TOGOLAISE, MAEH, 2014, *Les Réalisations du PASA*, rapport annuel, Lomé.

[20] WEBER Max, 1999, *L'Éthique protestante et l'esprit du capitalisme*, traduction française de KALINOWSKI Isabelle, Paris, Flammarion.

[21] YOVO Koffi, 2010, « Incitation par les prix, rentabilité et compétitivité de la production du riz au Sud Togo », *Tropicultura*, vol. 28, n°4, p. 226-231.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1638-1644
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Caractérisation de quelques polluants chimiques et bactériologiques des rivières Mokali et Tshuenge à Kinshasa (République Démocratique du Congo)

[Some chemicals and bacteriological pollutants characteristics of Mokali and Tshuenge rivers at Kinshasa (Democratic Republic of Congo)]

Zénon Freddy FALANGA N'KI-ADI[1], Emmanuel BIEY MAKALY[2], and Dieudonné MUSIBONO EYUL ANKI[2]

[1]Direction du Corps des Inspecteurs Nationaux, Ministère de l'Agriculture, RD Congo

[2]Laboratoire d'éco toxicologie, Département des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P.190 Kinshasa XI, RD Congo

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

ABSTRACT: The Mokali and Tshuenge rivers are located in North-East ant at 20 km in the centre of Kinshasa. For well to know the nature of pollutions of each river, the chemicals and physics and analysis have been realised. This study was realised from water taken in five points of sample by river and by season. The bacteriological and chemicals analysis has proved the pollution of these both watercourses. Whereas the chemicals and physics analysis have showed that these rivers are not polluted.

KEYWORDS: characterisation, chemicals pollutants and bacteriological, rivers, pollution.

RÉSUMÉ: Les rivières Mokali et Tshuenge sont situées au nord-est et à 20 km du centre-ville de Kinshasa. Pour mieux connaître la nature de pollutions de chaque cours d'eau, les analyses physiques, chimiques et bactériologiques ont été effectuées. Cette étude a été réalisée à partir des échantillons d'eau prélevés à cinq points de prélèvement par rivière et par saison. Les analyses bactériologiques et chimiques ont prouvé la pollution de ces deux cours d'eau. Tandis que les analyses physiques ont montré que ces rivières ne sont pas polluées.

MOTS-CLEFS: caractérisation, polluants chimiques et bactériologiques, rivières, pollution.

1 INTRODUCTION

Kinshasa, grande métropole de la République Démocratique du Congo, n'échappe pas aux problèmes des pollutions d'origines diverses. Quotidiennement, elle produit, selon les statistiques 2016 de la mairie de Kinshasa, 9.000 tonnes des déchets solides. Par manque d'assainissement adéquat, ces déchets sont déversés en majeure partie dans les cours d'eau, les rues, les égouts à ciel ouvert devenant ainsi des poubelles publiques ou lieux de décharges. Ce qui provoque l'insalubrité généralisée, les mauvaises conditions d'hygiène individuelle et collective.

C'est ce à quoi plusieurs auteurs ([1], [2], [3],[4] , [5]) s'étaient penchés pour le degré de pollution des eaux urbaines de la Ville de Kinshasa et conclu respectivement que : (i) les valeurs de pH en amont de rivières Mokali et Tshuenge sont acides (5,5 et 5,9) pendant les saisons de pluies et sèche et légèrement acides dans ces mêmes cours d'eau du centre en aval ; (ii) la pollution dans les rivières Yolo, Kalamu, Lukunga et Funa sont importantes en saison pluvieuse qu'en saison sèche ; (iii) les valeurs observées pour le phosphate de la rivière Lukunga (0,6 mg/l) sont inférieures à la valeur guide et (iv) le cumul de nitrate

et de phosphate aux fonds de la Lukunga forment des dépôts qui entament la qualité de l'eau de rivières urbaines. Il en est de même de résultats obtenus par [5]) dans le Pool-Malebo.

Malgré les efforts conjugués par diverses institutions tant nationales qu'internationales pour venir à bout de cette question de pollution des eaux urbaines de Kinshasa, elle en demeure sans solutions durables. C'est dans la recherche de solutions visant la gestion rationnelle de cours d'eau urbains que se situe la présente étude qui se propose de caractériser quelques polluants chimiques et bactériologiques de rivières Mokali et Tshuenge.

2 MILIEU, MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Localisées dans la partie orientale de la ville de Kinshasa, les rivières précitées sont situées au nord-est et à 20 km du centre-ville de Kinshasa. Le site est situé entre les latitudes (04°22'33,6''- 04°27'36,0''Sud) et les longitudes (015°23'24,6''-015°28'49,1'' Est). Son climat est tropical chaud et humide. Selon le Centre de Recherches Géologiques et Minières de la République Démocratique du Congo (2012), le substratum géologique du site étudié est dominé par les formations de couverture d'âge Pléistocène à Pliocène et constituées de plusieurs types de dépôts sableux.

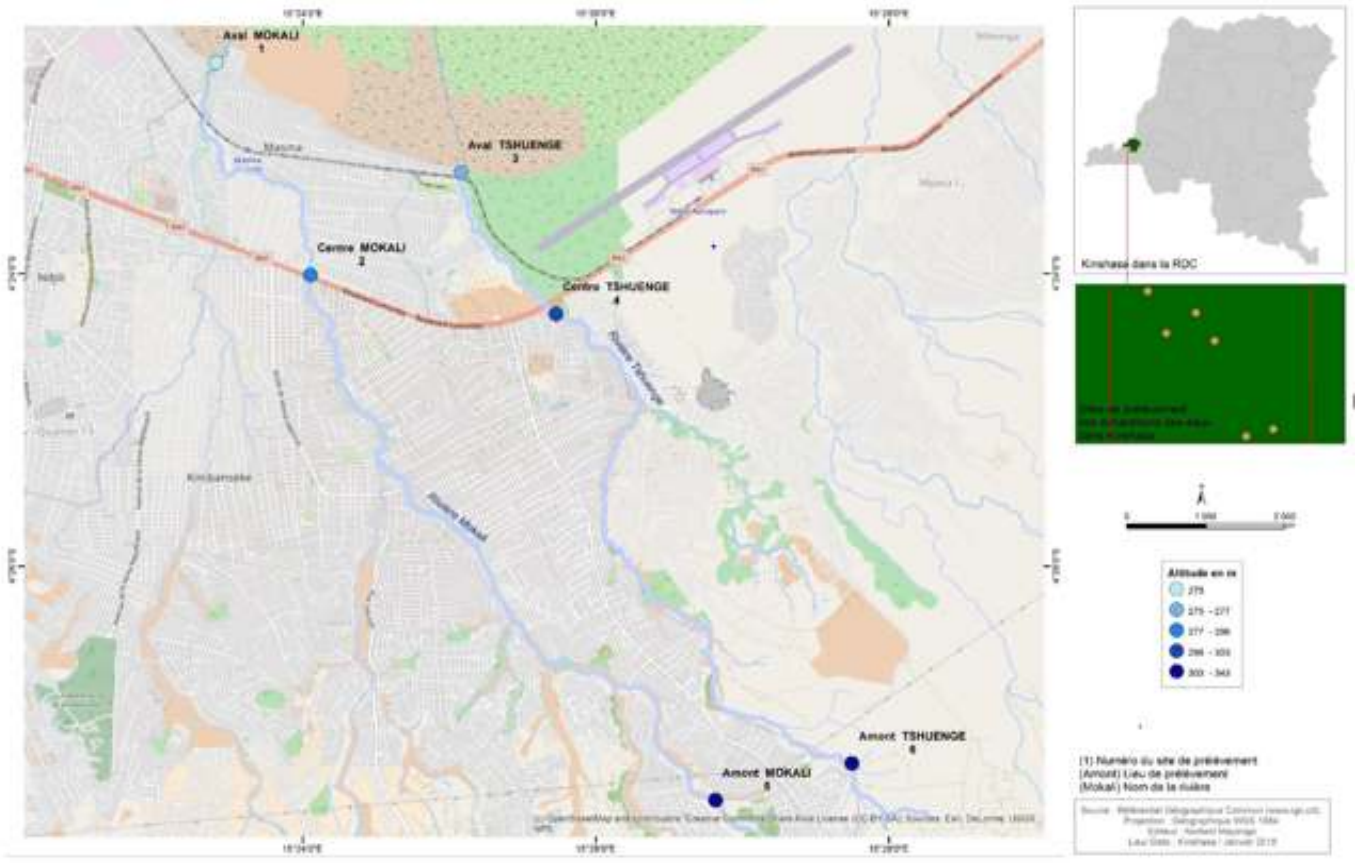


Fig. 1. Carte des sites de différents prélèvements des échantillons des eaux des rivières Mokali et Tshuenge (FALANGA, 2017)

2.2 MATÉRIEL, MÉTHODES

Le matériel utilisé était composé d'échantillons d'eau provenant de deux rivières. Ils ont été prélevés manuellement, comme le préconise [6] avec des récipients (bouteilles ou flacons) adaptés et rincés une à deux fois avec l'eau de rivières à échantillonner.

Outre les paramètres directement mesurés in situ (température, pH, conductivité, turbidité, oxygène dissous), suite à leur variation rapide s'ils sont séparés de leur milieu naturel, les autres paramètres chimiques, c'est-à-dire les matières oxydables

(MO), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO_5), le fer (Fe), le phosphate (PO_4), le nitrate (NO_3), le nitrite (NO_2) et l'ammonium (NH_4) ont été analysés en se conformant aux modes opératoires du matériel de laboratoire utilisé.

La DCO a été déterminée par l'expression DCO= [((B-A) *8000*N*FC) / X] Où A = ml de FAS/échantillon, B = ml de FAS eau distillée ou blanc, N = Normalité de la solution titrant soit 0,125 de sel de Mohr, X = ml de l'échantillon examiné et FC = facteur de correction est égale à 1 ([7])

Les analyses bactériologiques ont été également effectuées, en vue de déterminer le nombre de bactéries d'origine fécale contenues dans l'eau pouvant la rendre impropre à la consommation ou à la baignade. Elles ont permis aussi d'établir si les bactéries de type décomposeur, naturellement présentes dans les cours d'eau, sont en équilibre.

Outre les deux analyses sus-décrites, les indices suivants ont été également évalués :

L'indice de pollution organique (IPO) de chaque cours d'eau a été calculé en faisant la moyenne de classes des valeurs de la DBO_5, de l'NH_4^+, du NO_2^- et du PO_4 (tableau 1.) trouvés après analyse au laboratoire. D'après Leclercq (2001), cet indice est dynamique selon la période de l'année et a aidé l'étude à connaitre exactement la nature des polluants et à obtenir leur teneur. Quant à l'interprétation de la moyenne de classes, elle a été effectuée en se référant au tableau 2.

Tableau 1. Limites de classes pour l'indice de pollution organique (IPO)

Classes	Paramètres			
	DBO_5 mg-O_2/l	Ammonium mg-N/l	Nitrites µ-N/l	Phosphates µ-P/l
5	< 2	< 0,1	5	15
4	2 – 5	0,1 – 0,9	6 – 10	16 – 75
3	5,1 – 10	1 -2,4	11 – 50	76 – 250
2	10,1 -15	2,5 -6	51 – 150	251 -900
1	> 15	> 6	> 150	> 900

Source : [8]

Tableau 2. Interprétation de la moyenne des classes de l'IPO

Moyenne des classes	Niveau de pollution organique
5,0 – 4,6	Nulle
4,5 – 4,0	Faible
3,9 – 3,0	Modéré
2,9 -2,0	Forte
1,9 – 1,0	Très forte

Source : [8]

Quant à l'indice de la pollution bactériologique, il a été déterminé en faisant les moyennes des valeurs des classes de bactéries totales, de coliformes fécaux et de streptocoques fécaux. Il a consisté à déterminer une classe pour un intervalle donné de qualité de bactéries (tableau 3.) et par la suite à calculer une moyenne pour établir le niveau de contamination (tableau 4.)

Le niveau de contamination déterminé est étroitement lié au débit, au lessivage et au moment de prélèvement. Comme les analyses chimiques et analyses bactériologiques ne sont, encore une fois, qu'une photo d'un instant précis, ces méthodes n'ont malheureusement pas d'effet intégrateur, puisque les bactéries d'origine fécale sont destinées à mourir graduellement si la rivière n'est pas à une température adéquate pour leur développement ([8]). L'interprétation de l'IQM calculé s'est réalisée comme celui de l'IPO.

C'est pourquoi, l'étude a déterminé le mois le plus pluvieux (Avril) et le plus sec (Août) comme périodes d'échantillonnage.

Tableau 3. Limites des classes pour l'indice de qualité microbiologique (IQM)

Classe	Bactéries totales/ml	Coliformes fécaux/ml	Streptocoques fécaux/ml
5	< 2.000	< 100	< 5
4	2.000 – 9.000	100 – 500	5 – 10
3	9.000 – 45.000	500 – 2.500	10 – 50
2	45.000 -360.000	2.500 – 20.000	50 – 500
1	> 360.000	> 20.000	> 500

Source : [8]

Tableau 4. Interprétation de la moyenne des classes de l'IQM

IQM	Contamination fécale
4,3 – 5,0	Nulle
3,5 – 4,2	Faible
2,7 – 3,4	Modérée
1,9 -2,6	Forte
1,0 – 1,8	Très forte

Source : [8]

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS

Tableau 5. Résultats des paramètres physiques des échantillons des rivières Mokali et Tshuenge

Rivières	Position site	1er prélèvement en période de crue							2ème prélèvement en période d'étiage					
		N° site	Paramètres						Paramètres					
			pH	T (°C)	O_2 dissous (mg/l)	Turb. (NTU)	Coul. (Hazen)	Cond. (µs/cm)	pH	T (°C)	O_2 dissous (mg/l)	Turb. (NTU)	Coul. (Hazen)	Cond. (µs/cm)
MOKALI	Amont	6	5,5	29,1	0,44	45,4	410	16	5,9	24,8	1,21	41,8	350	21,5
	Centre	2	6,3	25,5	0,36	29,1	220	182	6,6	23,3	0,99	37,9	250	250
	Aval	1	6,7	25,5	0,35	14,6	110	349	6,7	23,7	0,95	9,8	90	293
TSHUENGE	Amont	5	5,7	26,9	0,34	11,6	180	16	6,5	23,2	0,94	9,8	130	16
	Centre	4	6,2	26,6	0,42	38,6	320	105	6,3	24,1	1,16	37	270	91,8
	Aval	3	6,1	26,5	0,50	23,7	190	155	6,3	24,9	1,38	16	120	142

Il ressort de l'analyse (tableau 5) que la température et le pH sont moins variables pendant les deux périodes (crue et étiage). Par ailleurs, la quantité d'oxygène dissous est près de trois fois importante en saison sèche en amont de Mokali (1,21mg/l) car il y a présence d'une grande quantité de substances organiques dissoutes qui favorise l'activité bactérienne, ce qui provoque une diminution de la concentration en oxygène dissous, vital pour la flore et la faune aquatique. Quant à la turbidité, elle est plus accentuée en saison de pluie qu'en saison sèche, suite au charriage des impuretés (MES) pendant cette période et affecte la coloration de l'eau. S'agissant de la rivière Tshuenge, les températures sont plus élevées pendant la saison de pluie et la quantité en oxygène dissous est plus importante en aval (0,94) pendant la saison sèche : consécutif à la présence de la végétation dans le lit de la rivière. Comme pour Mokali, la turbidité de Tshuenge est plus importante en saison de pluie.

Tableau 6. Résultats des analyses chimiques

Rivières	Position site	Prélèvement crue							Prélèvement étiage						
		Paramètres							Paramètres						
		DCO	DBO_5	Fe	PO_4^{-3}	NO_3	NO_2	NH_4	DCO	DBO_5	Fe	PO_4^{-3}	NO_3	NO_2	NH4
MOKALI	Amont	65	7	0,30	0,434	15,4	0,129	0,06	55	2	0,17	0,622	6,4	0,171	0,11
	Centre	15	10	0,33	0,086	8,3	0,014	0,04	20	5	0,36	0,169	7,5	0,033	0,15
	Aval	30	6	0,53	0,018	6,3	0,010	0,04	20	6	0,66	0,031	6,8	0,013	0,14
	Moyenne	37	8	0,38	0,179	10	0,051	0,04	32	4	0,39	0,274	6,9	0,072	0,13
TSHUENGE	Amont	10	8	0,38	0,052	7,4	0,013	0,06	20	5	1,44	0,077	4,7	0,043	0,09
	Centre	20	11	0,59	0,044	6,8	0,013	0,03	25	9	0,82	0,050	5,8	0,017	0,12
	Aval	30	5	0,19	0,888	2,5	0,003	0,01	20	3	1,34	0,027	3,0	0,010	0,06
	Moyenne	20	8	0,38	0,328	5,6	0,009	0,03	22	6	1,2	0,051	4,5	0,023	0,09

L'examen du tableau 6 ci-dessus permet de comprendre que la DCO varie peu pendant les deux saisons. Tandis que la DBO_5 en saison de pluie est le double de celle d'étiage suite à l'apport des éléments polluants lors des averses. Le fer est constant. En amont, ces éléments sont moins nombreux dans les apports agricoles et urbains. Au centre, suite à l'accumulation des apports, la concentration devient significative pour continuer en aval.

Tableau 7. Résultats de l'analyse bactériologique des échantillons des rivières Mokali et Tshuenge

Rivières	Période de crue			Période d'étiage			Position de l'échantillon
	Germes totaux (UFC)/ml*	Coliformes totaux (NC)/ml**	Coliformes fécaux (NC)/ml	Germes totaux (UFC)/ml	Coliformes totaux (NC)/ml	Coliformes fécaux (NC)/ml	
MOKALI	48.10^2 (Ind.)	68.10^3Ind.	0	Ind***.	Ind.	Ind.	Amont
	3.10^3	48.10^3 Ind.	3.10^2	Ind.	Ind.	Ind.	Centre
	68.10^3(Ind.)	Ind.	0	Ind.	Ind.	Ind.	Aval
TSHUENGE	67.10	12.10^2	0	Ind.	Ind.	Ind.	Amont
	10.10^3(Ind.)	25.10^3(Ind.)	0	Ind.	Ind.	Ind.	Centre
	23.10^2(Ind)	(Ind)	0	Ind.	Ind.	Ind.	Aval

**UFC : Unité format colonie ; **NC : Nombre de colonie ; ***Ind : Indéterminé*

L'examen du tableau 7 ci-dessus nous a aidé à saisir que les analyses bactériologiques des échantillons prélevés dans les deux rivières et pendant les deux périodes ont un nombre des germes totaux, coliformes totaux ainsi que des coliformes fécaux est indéterminé. Ce qui prouve le niveau élevé de pollution de ces deux rivières.

3.2 DISCUSSION

Les résultats des analyses physiques montrent que les pH en amont pour les deux rivières sont acides dans les deux saisons (5,5 et 5,9) et légèrement acides du centre et en aval. Cette situation peut s'expliquer par le fait que : (i) le terrain traversé par ces deux cours d'eau pauvre en calcaire et (ii) aussi les rejets dans ces derniers n'ayant pas été traités, sont à l'origine de diminution de pH. Ce même résultat a été observé par [1]. Aussi, les variations de pH entre les deux saisons demeurent moins significatives. Ce qui corrobore avec les résultats de la rivière Gombe à l'ouest de la ville ([4] et [5])au niveau de Pool Malebo. La teneur moyenne en oxygène dissous dans les eaux de surface non polluée varie dans l'intervalle [8, 10 mgO_2/l [([9] et [10]). Les résultats de notre étude donnent une valeur moyenne en dessous de valeurs guide. La turbidité est décroissante de l'amont au centre pour Mokali en saison de pluie et le contraire pour la Tshuenge à la même période, car il y a moins d'activités

anthropiques en amont. Cette observation est également faite pour la conductivité qui est croissante de l'amont en aval pour Mokali et croissante pour Tshuenge pour les deux saisons. Phénomène également observé pour la couleur de l'eau de deux rivières. Ce qui prouve le degré de pollution pour ces cours d'eau, laquelle est confirmée par les valeurs de l'indice de pollution organique (IPO) compris dans l'intervalle de classe 3,9 – 3,0. Donc, modérée.

Mais il sied de noter que les résultats obtenus pour les analyses physiques (physico-chimiques) sont en désaccord avec ceux trouvés par [2]. En effet, cet auteur a montré que la pollution dans les quatre rivières urbaines de Kinshasa-Ouest était plus importante en saison pluvieuse qu'en saison sèche. Il expliquait cela par les apports allochtones dus au lessivage urbain. Cela est bien vrai au regard du relief et l'importance du ruissellement ; par contre, dans notre étude sur la partie Est de Kinshasa, le lessivage est faible et l'eau de pluie a tendance à stagner, le terrain étant une plaine alluviale.

Considéré comme indicateur de la teneur en matière organique oxydable la DCO pour les deux rivières varie peu pendant les deux saisons. Cela montre que l'apport en matières oxydables est constant. Par contre, la DBO_5 est variable pour les saisons à cause des précipitations. Les valeurs observées pour le PO_4^{-3} (0,253 mg/lPO_4^{-3} moyenne Mokali et Tshuenge en saison sèche) sont inférieures aux valeurs guides et à celles observées par [3] sur la rivière Lukunga à l'ouest de Kinshasa, soit 0,6 mg/lPO_4^{-3}. Il en est de même pour les moyennes en saison de pluie (0,162 mg/lPO_4^{-3}). Le NO_3 et le PO_4^{-3} constituent les nutriments dont l'accumulation au fond des rivières, lacs et étangs forme le dépôt organique qui conduit à la dégradation de la qualité de l'eau ([4]). Notre étude montre que les moyennes de concentration en NO_3 en saison sèche sont de 7,8 mg/l et de 5,7 mg/l en saison de pluie, valeurs supérieures à celles de [3] observées sur la Lukunga soit 2,66 mg/l, mais inférieures à celles de [5] sur le fleuve Congo au niveau de Pool Malebo soit 0,0325 mg/l. S'agissant de NO_2^-, les moyennes de 0,03 mg/l en saison sèche et de 0,047 mg/l en période de crue ont été observées pour les deux cours d'eau. Ces résultats corroborent avec ceux d'[4] observés sur la rivière Gombe. Pour ce qui est de NH_4^+ les moyennes de concentration de 0,035 mg/l et de 0,11 mg/l ont été observées respectivement en saison sèche et de pluie étaient inférieures à ceux d'[4] sur la rivière Gombe. Ce qui laisse prédire que NH_4 tout en étant un bon indicateur de pollution, ne constitue pas un risque de pollution de l'eau pour les deux cours d'eau étudiés.

L'analyse bactériologique montre dans son ensemble pour les deux saisons et les deux rivières sous étude que les nombres des germes totaux, coliformes totaux ainsi que des coliformes fécaux est indéterminé. C'est-à-dire en dehors des normes U.E. et de l'OMS dont les concentrations ne doivent pas excéder 20.000- 10.000 colonies par 100 ml. Ce qui prouve le niveau élevé de pollution de ces deux rivières telle que prouvée par l'indice de qualité microbiologique (IQM) compris dans l'intervalle de classe 1,0-1,8, donc très forte.

Au regard de résultats d'analyses obtenus ; il est indiqué pour l'autorité attitrée d'élaborer une bonne politique de gestion des écosystèmes dulçaquicoles et d'en mettre en œuvre, de mener une éducation mésologique des populations et de gérer rationnellement les déchets urbains.

4 CONCLUSION

Du point de vue de la teneur en éléments minéraux (chimiques), il n'y a aucune inquiétude tant sur le plan humain que d'écosystème aquatique. Toutefois, nous avons observé que les saisons (pluie et sèche) modifient les concentrations des éléments minéraux dissous dans l'eau et certains paramètres physico-chimiques.

La situation actuelle dans le milieu étudié caractérisée par l'absence de décharges publiques et d'un circuit de traitement des déchets est à la base de l'utilisation des rivières comme poubelles publiques et égouts à ciel ouvert avec toutes les conséquences que cela implique sur le plan environnemental et de la santé publique.

Avec une bonne politique de gestion des écosystèmes dulçaquicoles, l'entretien des berges, le curage et surtout l'interdiction d'utiliser la rivière comme dépotoir des ordures ou lieu de décharges de toutes natures, le gouvernement pourra remédier durablement à la situation désastreuse sus décrite.

Une étude approfondie et un contrôle systématique des critères de la qualité environnementale des rivières Mokali et Tshuenge en particulier et de toutes les rivières qui arrosent la ville de Kinshasa, en général, s'imposent. Aussi, la recherche des polluants dans les sédiments des rivières de Kinshasa, donnera une cartographie bien détaillée sur l'origine, la nature et le temps (genèse) de ces polluants. Il faut agir en amont des épidémies au lieu de les subir en aval.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les autorités de la Régideso qui a mis à la disposition de l'équipe de terrain, le matériel de laboratoire ainsi que les réactifs.

RÉFÉRENCES

[1] TSHIASHALA M.D, LUMU BM, MOKILI B.A., MUSIMU D.: *Teneurs des éléments minéraux dans les eaux des rivières Funa, Lubudi, Ndjili, Tshangu et Tshuenge*. (Revue Zaïroise des sciences nucléaires, vol. 7 n° 2(1986)26-39.

[2] MUSIBONO (1999 : *Variation saisonnière de Pb, Cu, Zn et Mn dans quatre rivières de Kinshasa*. In Annuals Fac. Medvet Landbouw. Univ. GHant (1) 1999 :81-87.

[3] KAMB' T., 2013, *Etude de la structure et de la dynamique des peuplements des macro-benthiques d'un système lotique : Cas de la rivière Lukunga à Kinshasa RDC*, Mémoire DEA, Faculté de Sciences, Département de Biologie, Université Pédagogique Nationale Kin Binza, 59 p.

[4] AKATUMBILA L.1*, MABIALA M.2, LUBINI A.3, PWEMA K.4, MUSIBONO E. A.5 : *Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau : cas de la rivière urbaine Gombe de Kinshasa/République Démocratique du Congo*

[5] *PWEMA K, 2014, Ecologie alimentaire, reproduction et modes d'adaptation de 5 espèces de Lebeo cuvier, 1817 dans les milieux lentiques et les rapides du Pool Malebo dans le fleuve Congo*, Thèse de doctorat, Faculté de Sciences, Département de Biologie, Université de Kinshasa.

[6] Grondin, J.L., 1982*, Méthodes de prélèvement et de conditionnement des eaux de surface –Note technique N°3,* ORSTOM, Centre de Dakar-Hann, 25 p.

[7] RODIER, J., BAZIN, C., BROUTIN, J.P., CHAMBON, P., CHAMPSAUR, H. & RODIER, L. 1996 : *L'Analyse de l'Eau*. 8è édition. DUNOD : Paris.

[8] LECLERCQ, L. (2001) : *Intérêt et limites des méthodes d'estimation de la qualité de l'eau*. Station scientifique des Hautes-Fagne, Belgique.

[9] DERWICH, E et al, 2010, *Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du Haut Sebou en aval de la confluence avec Oued Fès*, Larhys Journals, ISSN 1112-3680, N° 08.

[10] ABBTOUD AKIL et al, 2014, *Etude de la qualité physico-chimique et contamination des eaux de surface du bassin versant de Guigou*, Maroc, European Scientific Journal, August 2014, Edition Vol. 10 N° 23, IISN 1857-7881(Print) e-ISSN 1857-7431, 84-94.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1645-1657
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Etude décennale (2005-2015) par imagerie satellitale de l'évolution spatiotemporelle des feux de brousse dans l'arrondissement de Koussanar (Région de Tambacounda)

[Decennial study (2005-2015) by imagery satellitale of the spatiotemporelle evolution of the bush fires in the district of Koussanar (Area of Tambacounda)]

Amsatou THIAM[1], Abdoulaye WELE[2], Serigne Modou SARR[1], and Cheickh Mame Mor MBODJI[1]

[1]Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR), Université de Thiès, BP 54, Bambey, Sénégal

[2]Centre de Suivi Ecologique, Sénégal

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

ABSTRACT: The objective of this study is to have a real knowledge by locality of dynamics and the propagation mode of the bush fires in time in space. To achieve our goal a methodological approach was adopted by a use on the one hand satellite images and software of SIG for the image processing and on the other hand cards of investigations for the talks, the GPS for the localization of the CVD (Village Committee of Development), of the mowings for the collection of herbaceous biomass and of the compasses for the determination of the transect. This work was supplemented by investigations into the ground and that made it possible to determine on average 10000 hectares which burn each season is to say October to May with reduction (controlled fire) for the period from October at November. The study highlighted on the one hand that late fires intervene in second half of the dry season to reach significant proportions in February and Mars and on the other hand that the occurrences of fire are observed in the South of the district where is the classified field.The estimate of the vegetable biomass is obtained starting from a correlation of the data to the level satelitte to extract the Index from Vegetation by the Standardized Difference (NDVI) of the channels red and near infra-red to the imagery of the year corresponding and the data of ground for the determination of the herbaceous and woody production to the level of the sites of control on the ground. Each more than 60% of the total production of the vegetable biomass disappears under the action of fires.

KEYWORDS: bush fires, occurrence, satellite Koussanar, NDVI (Index from Vegetation by the Standardized Difference).

RÉSUMÉ: L'objectif de cette étude est d'avoir une connaissance réelle par localité de la dynamique et du mode propagation des feux de brousse dans le temps dans l'espace. Pour atteindre notre objectif une approche méthodologique a été adoptée par une utilisation d'une part des images satellitaires et des logiciels de SIG pour le traitement des images et d'autre part des fiches d'enquêtes pour les entretiens, le GPS pour la localisation des CVD, des fauches, pour la collecte de biomasse herbacée et des boussoles pour la détermination du transect. L'analyse de l'évolution des feux a été faite à partir des données statistiques obtenues à partir des images de MODIS (MCD45A1) pour déterminer les occurrences de feu de 2005 à 2015. L'étude a mis en évidence d'une part que les feux tardifs interviennent dans la deuxième moitié de la saison sèche pour atteindre des proportions importantes en Février et Mars et d'autre part que les occurrences de feu sont plus observées au Sud de l'arrondissement où se trouve le domaine classé. L'estimation de la biomasse végétale est obtenue à partir d'une corrélation des données au niveau satellitale pour extraire l'Indice de Végétation par la Différence Normalisée (NDVI) des canaux rouge et proche infrarouge de l'imagerie de l'année correspondante et des données de terrain pour la détermination de la production herbacée et ligneuse au niveau des sites de contrôle au sol. Chaque année plus de 60% de la production totale de la biomasse végétale disparait sous l'action des feux.

MOTS-CLEFS: feux de brousse, occurrence, satellite Koussanar, NDVI (Indice de Végétation par la Différence Normalisée).

Corresponding Author: Amsatou THIAM

1 INTRODUCTION

Le feu est l'un des facteurs qui influence la dynamique des écosystèmes de savane en raison des vastes étendues de végétation perdues chaque année, la dynamique des peuplements et les émissions de gaz à effet de serre [1]. La savane africaine occidentale est un des paysages tropicaux les plus largement parcourus par les feux de brousse [2].

La dégradation des écosystèmes forestiers par les feux de brousses constitue des menaces réelles sur nos ressources naturelles, en particulier celles végétales. Les feux sont souvent observés pendant la saison sèche et sont essentiellement d'origine anthropique. Leurs impacts sur la végétation sont relatifs et suscitent beaucoup de débats et une opposition d'idées dans la communauté scientifique. Certains auteurs [3], [4] défendent leur utilité pour l'aménagement des savanes, d'autres comme [5], [6] soulignent leurs effets négatifs sur le milieu biophysique. Cette controverse montre la complexité du phénomène et l'insuffisance d'informations scientifiques relatives à l'impact du feu sur nos écosystèmes.

Parfois, les feux sont utilisés comme un moyen d'aménagement dans la zone tropicale. Cependant, d'une manière générale les feux sont considérés comme négatifs sur l'environnement avec des conséquences importantes et variables. Les plus citées sont la dégradation quantitative et qualitative de la végétation, la perte de biodiversité, l'érosion des sols et la réduction à long terme de leur fertilité, la perturbation du bilan hydrique, le dégagement de gaz à effet de serre, sans compter les conséquences socio-économiques.

Face à l'ampleur du phénomène des feux, les structures techniques en charge de la question, utilisent de multiples stratégies de lutte et de prévention des incendies dont l'efficacité devrait reposer sur une connaissance approfondie de la distribution et de l'étendue des feux. « L'observation des informations relatives aux incendies de forêt sur une période assez longue peut apporter des renseignements indispensables à l'élaboration des politiques de prévention et de lutte active. Dès lors, il s'avère essentiel d'obtenir des statistiques fiables sur l'évolution des feux afin d'améliorer la connaissance du phénomène, d'orienter les choix techniques et économiques à effectuer en matière de prévention et de lutte.» [7]. Au Sénégal, les études sur les feux de brousse ont certes fourni des informations importantes, mais méritent d'être diversifiées et complétées. Ces études concernent plus les causes et les conséquences des feux sur la végétation parmi celles-ci on peut citer les travaux de [8]. Les méthodes pour discriminer les feux actifs des traces de feu avec les outils de la télédétection [9] ; [10] ou les possibilités de les prévenir ou de les combattre, [11]. Peu d'études sont effectuées sur leur évolution spatio-temporelle, exceptées celles de [12], [10], [13].

Aujourd'hui l'évolution des feux de brousse est relativement peu cernée au niveau local, notamment dans le cadre de la décentralisation et de ses implications aux plans technique, humain, financier, etc. La finalité de cette étude est d'avoir une connaissance réelle par localité de la dynamique et du mode propagation des feux de brousse dans le temps dans l'espace.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

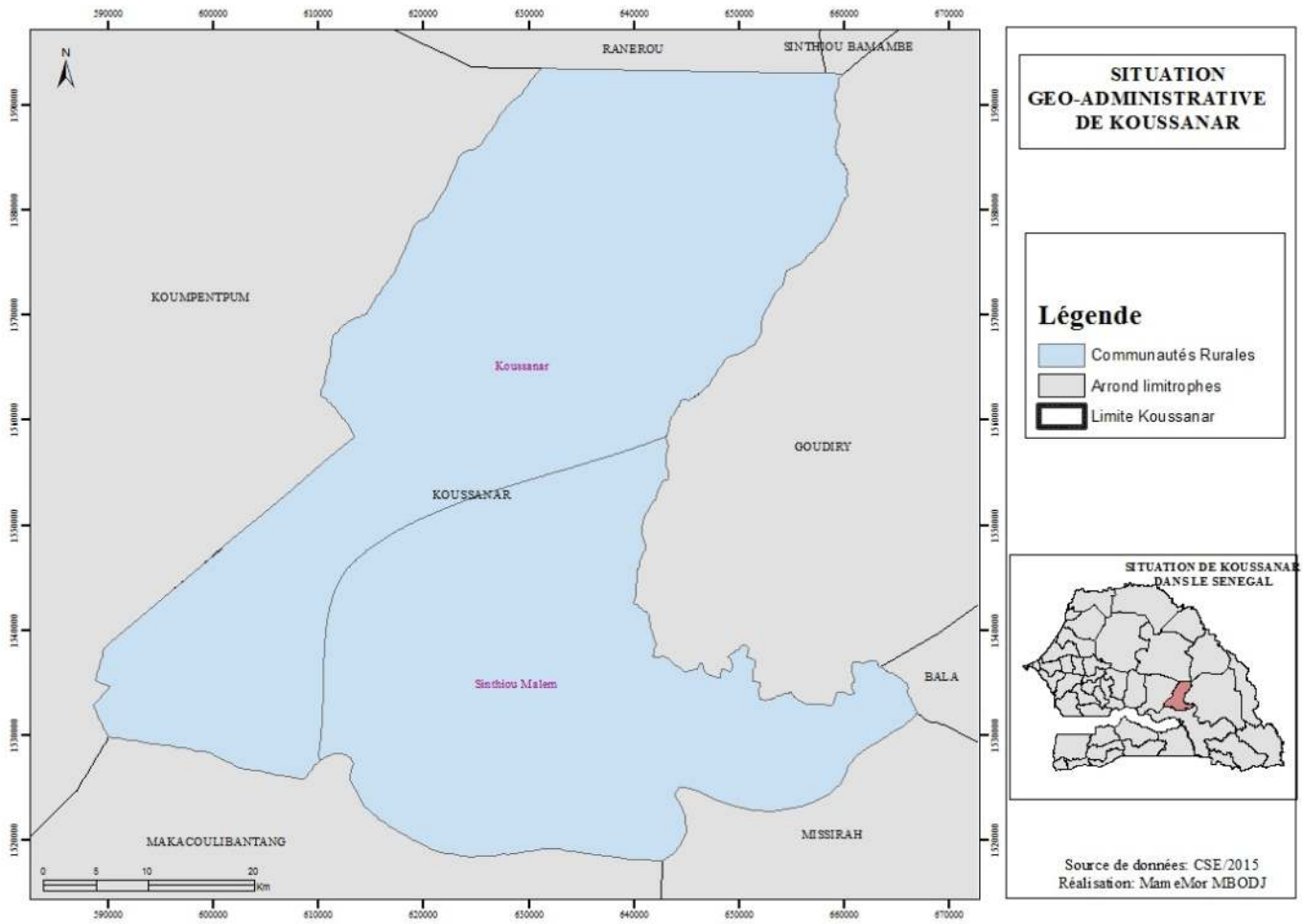
2.1 MATÉRIEL

2.1.1 LES OUTILS

Ces outils sont constitués par : les images satellitaires pour l'acquisition de données; les logiciels de SIG (Arc View 3.3, ArcGis 10.2) pour traiter les images satellitales; les fiches d'enquêtes pour mener des enquêtes semi-structurées; les GPS pour la localisation des CVD (Comité Villageois de Développement); les dictaphone et appareil numérique, qui servent à enregistrer les entretiens et à prendre des photos ; les fiches d'inventaires de biomasse; les rubans métriques, cadre métallique de 1m², Fauches, Coupe- coupe pour la collecte de biomasse herbacée ; les boussoles pour la détermination du transect ; un ordinateur et logiciels de traitement de données (Word, Excel, Sphinx**).**

2.1.2 LOCALISATION DU SITE D'ÉTUDE

L'arrondissement de Koussanar est situé dans le département de Tambacounda (région de Tambacounda). Il est limité à l'est par l'arrondissement de Goudiry, à l'ouest par l'arrondissement de Koumpentoum, au nord par le département de Ourossogui (Matam) et au sud par l'arrondissement de Maka Coulibantan (carte 1). L'arrondissement de Koussanar s'étend sur 3116 km^2 avec un total de 162 villages. Il est caractérisé par une forte concentration humaine, notamment dans la zone sud, surtout au niveau des chefs-lieux des deux communes que sont Sinthiou Malème et Koussanar.



Carte 1 : Situation Géo-Administrative de Koussanar

Le climat : L'arrondissement de Koussanar est localisé dans la zone soudano-sahélienne marquée par une pluviométrie très variable (400 á 1000mm) et une forte chaleur. On y distingue une saison sèche allant de novembre à avril et une saison pluvieuse de mai à octobre. Les moyennes des températures minimales de l'ordre de 17°C sont enregistrées de novembre à février. Les moyennes des températures maximales sont observées entre le mois d'avril et le mois de mai.

Les sols : Au niveau de l'arrondissement, selon [14], ce sont surtout les sols ferrugineux non lessivés (dior) et ceux lessivés (deck dior) qui sont les plus représentatifs (près de 90%). Ils sont principalement de type argileux difficile à cultiver lorsqu'ils sont imbibés et quand ils sont secs.

2.1.3 MATÉRIEL VÉGÉTAL

L'arrondissement de koussanar compte quatre (04) forêts classées : Forêt classée de Tambacounda Nord, Forêt classée de Tambacounda Sud, Forêt classée de Ouli et Forêt classée de Botou. Les superficies respectives sont : 75000 ; 12500 ; 14500 et 11200 hectares.

La végétation : La végétation est principalement constituée de savane boisée, savane arborée et de savane arbustive Au niveau de ces espèces ligneuses, la famille des combrétacées est la plus représentée suivie de celle des rubiacées. Les familles des anacardiacées, césalpiniacées, fabacées, et mimosacées occupent la troisième place. Les familles les moins représentées sont les bombacacées, célastracées, sterculiacées et les tiliacées. Les espèces herbacées : *Andropogon amplectens Stapf Var., Andropogon gayanus Stapf., Andropogon pseudapricus Stapf., Alysicarpus ovalifolius (Shum & Thonn) J., Bracharia sp., Dactyloctenium aegyptium (L.)Willd., Indigofera sp., Pennisetum pedicellatum Trin., Spermacoce stachydea DC., Schyzachyrium exile Stapf., Tephrosia purpurea (L.) Pers.*

2.1.4 LA POPULATION

Faunique : La faune de l'arrondissement de Koussanar est relativement variée et est essentiellement constituée de phacochères (*Phacochoerus aethiopicus*), de pintades (*Numida meleagris*), de francolins (*Francolinus francolinus*), de singes rouges (*Erythrocebus patas*), des chacals (*Canis aureus)*, d'oiseaux, etc.

Humaine **:** Elle est constituée des groupements ethniques répartis comme suit : peuls (plus de 50%), mandingues (plus de 30%), bambaras (environ 7%) et wolofs (moins de 4%). Le reste est constitué de minorités Koniaguis, Sérères entre autres [16]

2.2 MÉTHODES

2.2.1 UTILISATION DES IMAGES SATELLITAIRES

L'exploitation des images satellitaires nous a permis :

- d'analyser la dynamique des feux de brousse. Les données de feux actifs de la nouvelle génération des satellites EOS (Earth Observation Satellite) notamment les capteurs MODIS à savoir TERRA et AQUA (MCD45A1) ont été utilisées ;
- d'exploiter les données journalières pour le recensement des feux actifs géo-référenciés. L'utilisation de ces données journalières sur une période de dix années avec une résolution de 1000 mètres a permis de faire le recensement des points (d'octobre 2005 à Mai 2015) de feux actifs géo-référencés (ou nombre de pixels brûlés) et classés sur une base mensuelle puis par saison et aussi par ordre d'apparition pendant chaque saison sur l'ensemble de l'arrondissement de Koussanar ;
- de déterminer des superficies brûlées. Pour obtenir les superficies brûlées, il est créé un cercle de 500 m de rayon ou « buffer » autour de chaque point classé comme feu. Afin d'éviter de compter plusieurs fois un pixel brûlé ou de morceler les superficies, il est fait une « dissolution » des zones contiguës sous Arc-GIS ;
- d'élaborer des cartes de distribution des feux et calcul des surfaces brûlées.

Nous avons utilisé les documents cartographiques existants numérisés et corrigés géométriquement (vecteurs) que nous avons superposés aux couches cartographiques (*Shapefile*) représentatives des feux. Cette opération nous a permis de déterminer des statistiques sur les surfaces brûlées et d'élaborer des cartes de la distribution spatiale des feux de l'arrondissement. Ainsi pour plus de précision, nous avons mis à contribution les images des scènes LANDSAT (LE7203050) des saisons 2005-2006, 2010-2011 et 2014-2015 qui ont une résolution de 30 mètres pour affiner et améliorer la fiabilité des superficies obtenues par l'intermédiaire de MODIS. Ces images LANDSAT ont été téléchargées, traitées et comparées avec les données MODIS. Afin de faciliter l'interprétation des surfaces en feux, il est fait une composition colorée des bandes suivantes : MIR [Moyen Infra Rouge], PIR [Proche Infra Rouge] et R [Rouge]. Ce qui a ainsi permis d'apporter une correction des superficies brûlées trouvées par le calcul et l'application d'un rapport entre les superficies déterminées par LANDSAT et celles qui l'ont été par MODIS . A cet effet, la moyennes des statistiques des 3 saisons précitées ont été utilisées et ont permis en définitive, d'avoir un facteur correctif de 0,82 que nous avons appliqué aux résultats issus des images MODIS sur toute la période d'étude ;

- d'estimer la biomasse végétale. L'acquisition des données est faite d'une part au niveau satellitale pour extraire l'Indice de Végétation par la Différence Normalisée (NDVI) des canaux rouge et proche infrarouge de l'imagerie de l'année correspondante et d'autre part au niveau du terrain pour la détermination de la production herbacée et ligneuse au niveau des sites de contrôle au sol. Les traitements des données collectées sur le terrain ont permis de déterminer la corrélation entre le NDVI et la production totale.

2.2.2 LES TRAVAUX DE TERRAIN

Ces travaux regroupent à la fois les enquêtes de terrain et la détermination de la production herbacée et ligneuse. Ces enquêtes permettent la vérification sur le terrain dans le souci de corroborer les principales observations notamment sur la fréquence et la distribution des feux.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISATION DES FEUX DANS LE SECTEUR D'ÉTUDE

3.1.1 LA NATURE DES FEUX

Les feux contrôlés appelés feux précoces. Cette pratique se fait d'octobre à Novembre en collaboration avec le service des Eaux et Forêts. La majeur partie de ces feux sont observés dans le domine protégé (Forêt communautaire)

Les feux tardifs. Ils sont souvent appelés sous le nom de feu de brousse. Les occurrences de ces feux sont répertoriées dans la seconde moitié de la saison sèche (Décembre à Mai).

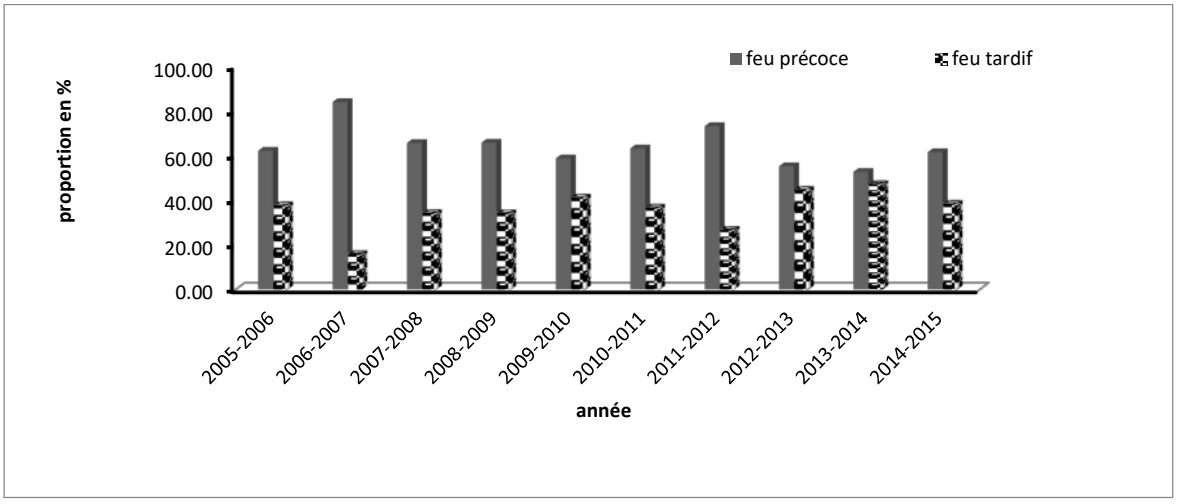


Fig. 1. Proportion des feux précoces et feux tardifs par saison durant la période d'étude

3.1.2 LES CAUSES DES FEUX

Pour connaître les principales causes des feux de brousse dans la zone, nous avons procédé à une interview semi-structurée à l'issue de laquelle les résultats (Figure 2) ont été constatés.

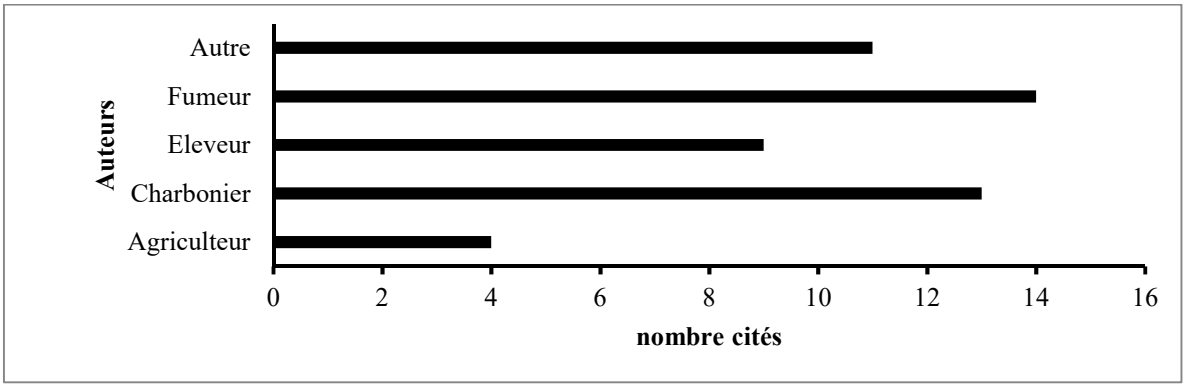


Fig. 2. Les auteurs des feux de brousse

NB : Autre : (les bergers et producteurs de miel).

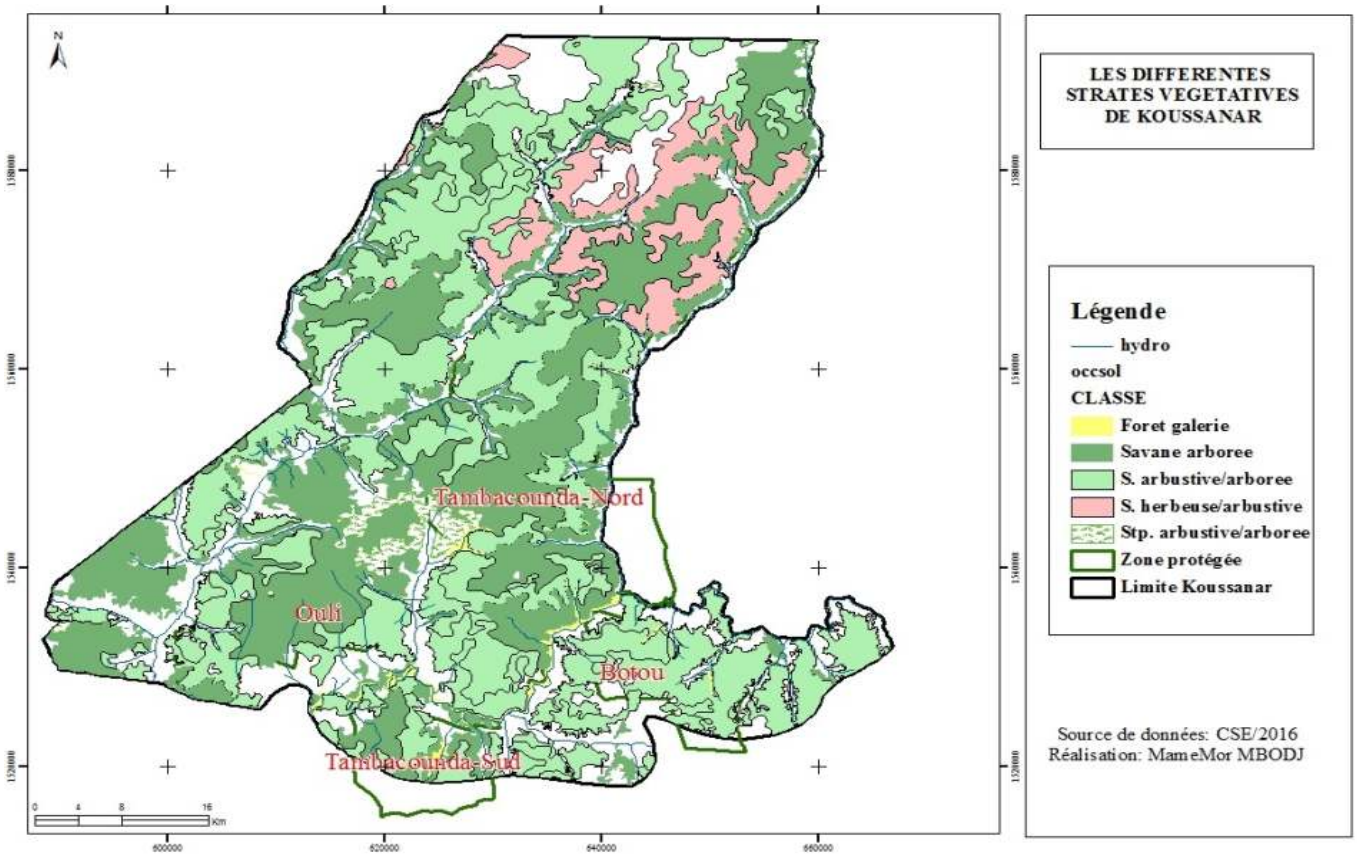
3.1.3 LES TYPES DE FEU

Les enquêtes et observations sur le terrain ont révélé que l'essentiel des feux qui se déclarent dans l'arrondissement de Koussanar sont des feux de surface, quelques feux de cime sont notés au mois de mai. (Voir *Photo 1*).

Photo 1. Passage d'un feu de surface forêt classée de Tamba (Mbodji, 2016)

3.2 ELABORATION DES DIFFÉRENTES CARTES PAR UTILISATION DES DONNÉES SATELLITALES

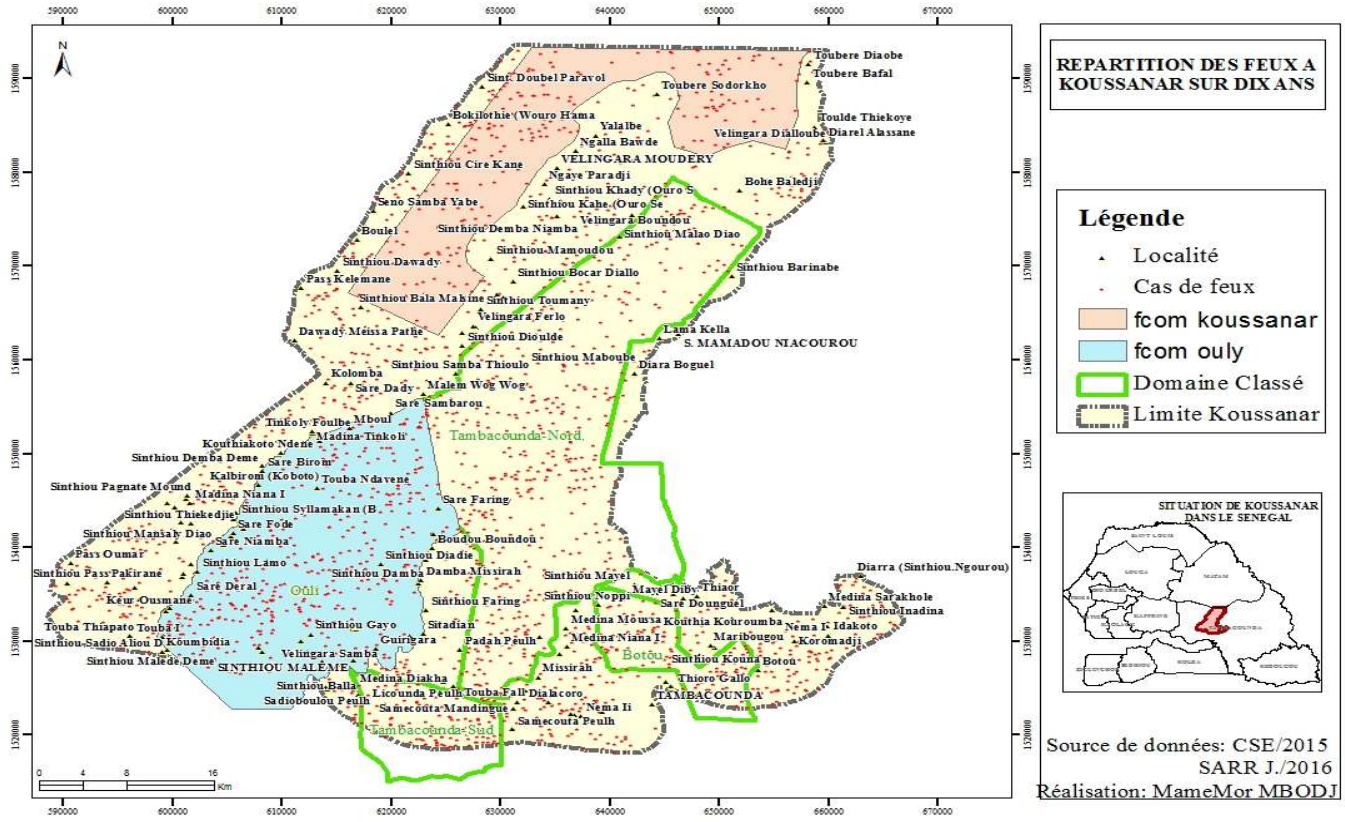
3.2.1 CARTE DES FORMATIONS VÉGÉTALES



Carte 2 : Les formations végétales dans l'arrondissement de Koussanar

3.2.2 CARTE DE LA RÉPARTITION DES FEUX DANS LE SITE D'OCTOBRE 2005 À FÉVRIER 2015

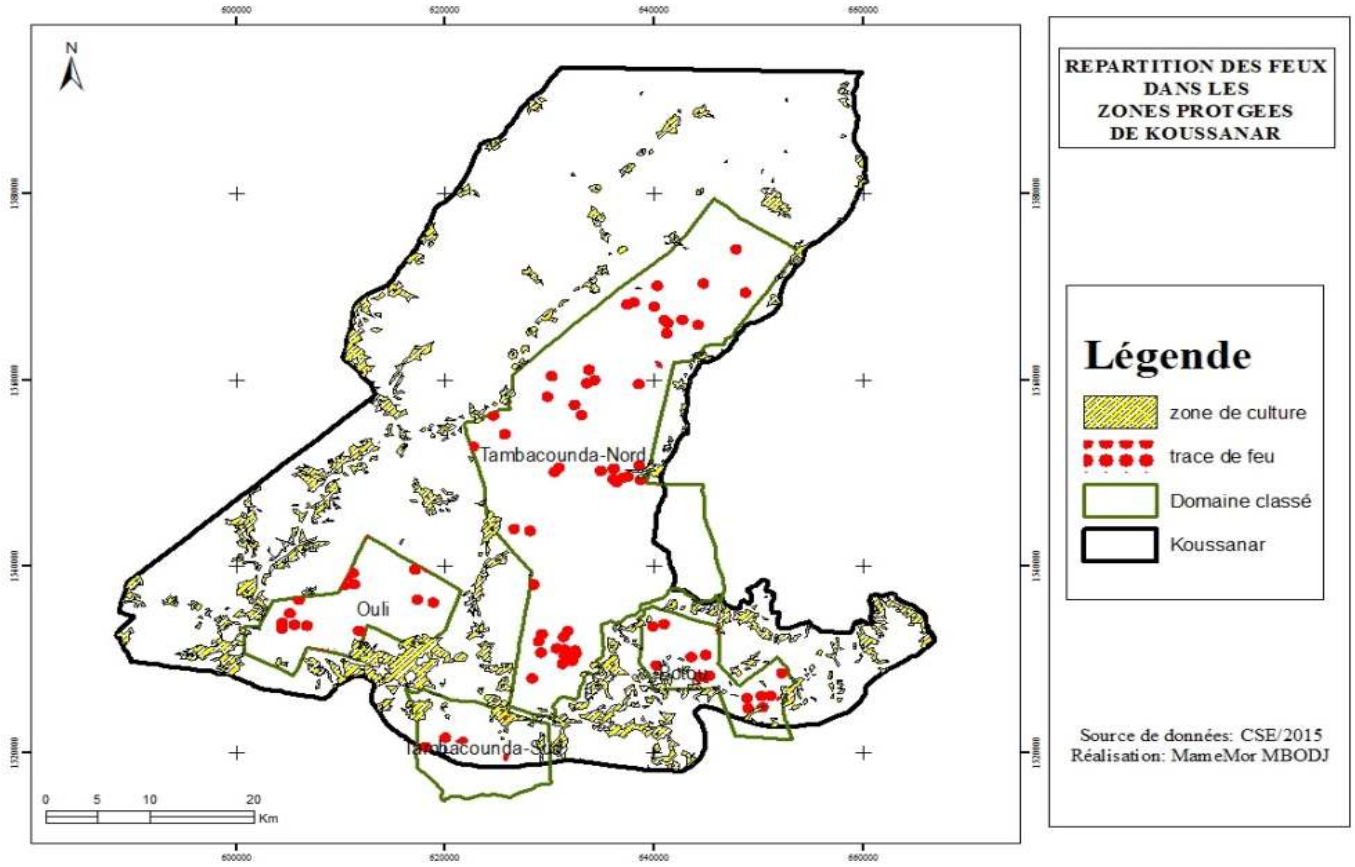
D'octobre 2005 à février 2015, mille sept cent quarante-quatre (1744) foyers de feux se sont déclarés dans l'arrondissement de Koussanar. (*Carte 3*)



Carte 3: Répartition des feux dans l'arrondissement de Koussanar entre octobre 2005 et février 2015

3.2.3 CARTE DE RÉPARTITION DES FEUX DANS LE DOMAINE CLASSÉ (FORÊTS CLASSÉES) D'OCTOBRE 2005 À FÉVRIER 2015

Le domaine classé (Forêts classées) de Koussanar présente une superficie brûlée de 48995 hectares sur la période d'étude dans l'arrondissement, représentant les 49,65 % des surfaces brûlées avec des superficies variables pouvant aller jusqu'à 3000 hectares par occurrence de feu



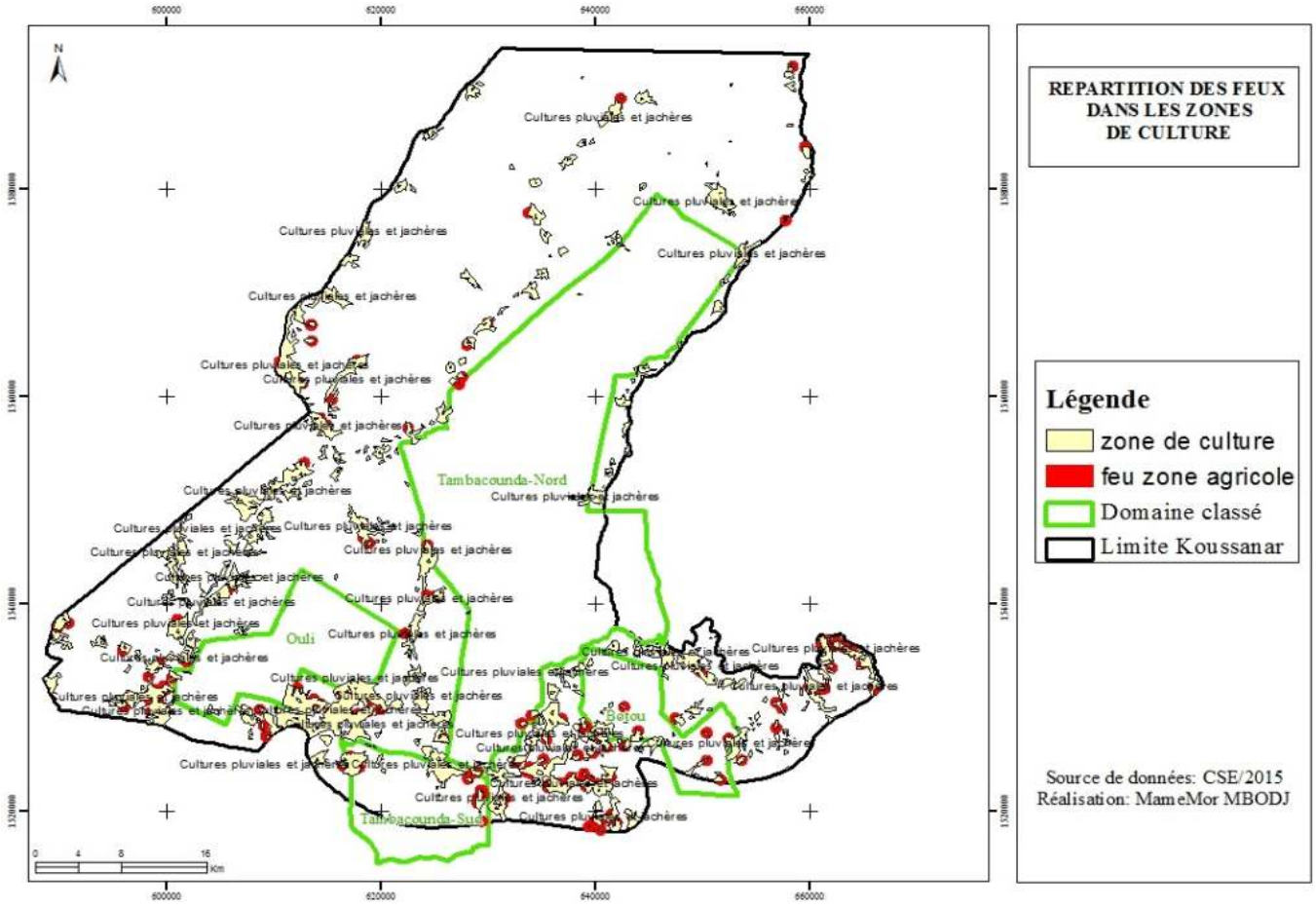
Carte 4 : Répartition des feux dans le domaine classé (Forêts classées) entre octobre 2005 et février 2015

Tableau 1. Statistique des occurrences de feux dans les forêts classées de Koussanar de 2005 à 2015

Rubrique	Chiffres
Nombre de cas de feu	172
Superficie minimale (ha)	78
Superficie maximale (ha)	3365
Superficie totale (ha)	48995
Moyenne (ha)	284,8547

3.2.4 CARTE DE RÉPARTITION DES FEUX DANS LES ZONES DE CULTURE D'OCTOBRE 2005 À FÉVRIER 2015

Les zones de culture situées au Sud de l'arrondissement ont connu plus d'occurrence de feux que celles situées au Centre et au Nord.



Carte 5 : Répartition des feux dans le domaine classé (Forêts classées) entre octobre 2005 et février

Tableau 2 : Statistique des occurrences de feux dans les zones de culture de Koussanar de 2005 à 2015

Rubrique	Chiffres
Nombre de cas de feu	87
Superficie minimale (ha)	78
Superficie maximale (ha)	471
Superficie totale (ha)	9927
Moyenne (ha)	114,1034

3.2.5 EVOLUTION DES SUPERFICIES BRÛLÉES ET DES NOMBRES DE FEUX.

- Par saison

L'évolution des superficies brûlées pendant les 10 ans (2005-2015) est montrée par la *figure 3*. Nous constatons également que les saisons 2005-2006 et 2010-2011 sont les périodes où il y'a eu plus d'incendies dans la zone avec des pics importants correspondant à respectivement 12615,84 et 15121,20 hectares brûlées pendant ces deux saisons. Ce qui représente 28,11% de la superficie totale brûlée pendant la période d'étude. La moyenne des superficies brûlées par saison est de 9867,62 hectares.

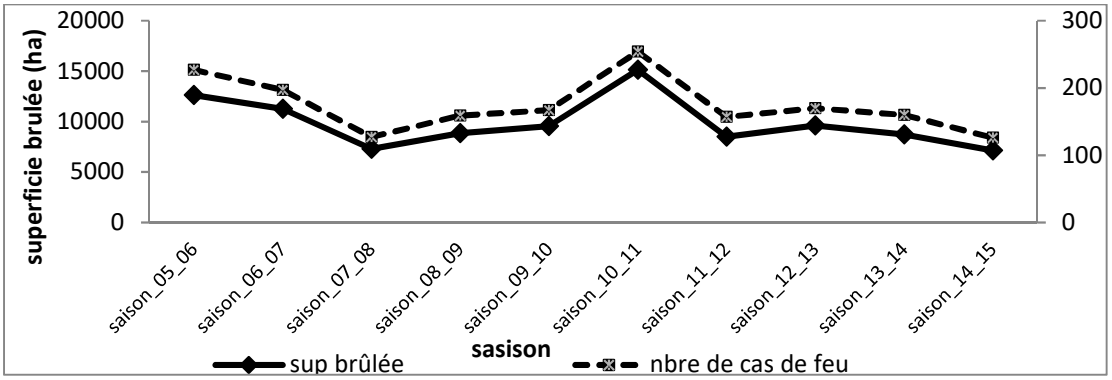


Figure 3: Evolution du nombre et de la superficie des feux sur Koussanar de 2005 à 2015

- Mensuelle par saison

Entre 2005 et 2015, les superficies brûlées à Koussanar ont varié entre 7306,83 ha et 15121,20 ha par saison, la saison 2007-2008 s'est distinguée des autres par sa faible superficie affectée par les feux (7306,83 ha). La plupart des superficies brûlées l'ont été au début de la saison sèche ; la saison des feux débute généralement dès le mois d'octobre dans la zone de Koussanar avec des superficies importantes. Les résultats montrent d'une manière générale que les surfaces affectées par les feux augmentent d'octobre à novembre puis baissent à partir de décembre jusqu'à la fin de la saison. *(Figure 4*). Suivant les saisons, une certaine régularité de l'évolution des superficies brûlées est notée. Les courbes ont presque les mêmes allures durant les 10 ans d'étude.

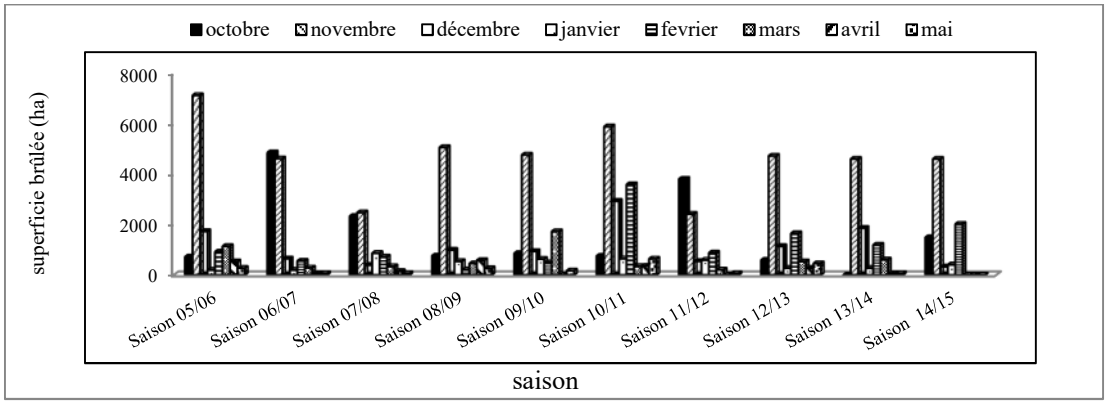


Figure 4 : Evolution saisonnière des feux de l'arrondissement de Koussanar

3.2.6 LES HEURES D'OCCURRENCE DES FEUX

L'exploitation des données satellitaires a montré aussi que la plupart des feux se déclarent généralement entre 11h et 14h de la journée.

3.2.7 COMPARAISON DES MÉTHODES DE SUIVIES DE L'ÉVOLUTION DES FEUX

L'exploitation des données (2012 à 2015) de la brigade forestière de Koussanar sur les feux a montré une certaine différence sur les surfaces brûlées par les feux. Cependant les surfaces brûlées obtenues à partir des données MODIS sont nettement supérieures à celles obtenues par la brigade forestière (Figure 5).

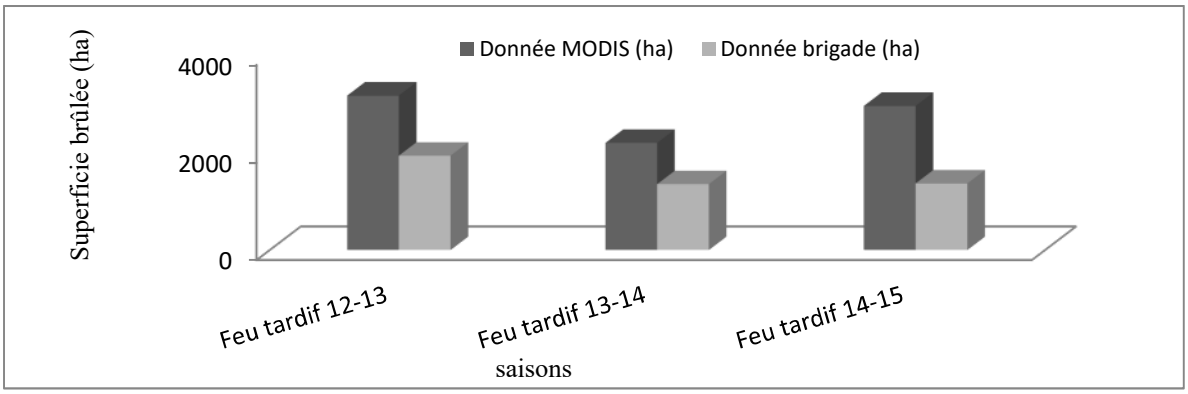


Figure 5 : Comparaison des superficies brûlées données

4 DISCUSSIONS

Dans le cade de l'évolution spatio-temporelle des feux de brousse, l'étude a montré que la saison des feux à Koussanar peut être divisée en deux grandes phases : une phase de recrudescence des feux qui va d'octobre à décembre, et une phase de faible fréquence des feux qui couvre le reste de la saison sèche. Ceci est un peu différent des résultats de [15]: « L'analyse temporelle des feux de brousse montre deux grandes phases d'évolution. Une première qui montre une forte fréquence des feux (novembre-mars) et une deuxième période caractérisée par une fréquence de feu faible (avril-juin)». Quant à [10] a trouvé que globalement, la saison des feux s'étend du mois d'octobre au mois de mai et que la plupart des superficies brûlées l'ont été au début de la saison sèche (entre octobre et janvier), quelle que soit la zone écologique considérée. Les rapports mensuels produits par la brigade forestière de Koussanar viennent confirmer que la saison des feux à Koussanar s'étend d'octobre à mai de l'année suivante.

Le mois de novembre occupe près de 60% des superficies brûlées par saison et correspond à la période des feux précoces. Ceci est différent des résultats de [12] qui sur un total de 820 pixels de feu, enregistrés sur la série temporelle de 1996-1997, les 584 sont des feux de décembre, soit 71% des feux.

Selon [10], la taille moyenne des feux dans les zones nord- soudanienne et sud- soudanienne est respectivement 67,25 hectares et 67,41 hectares mais avec des écart-types très élevés, ceci confirme nos résultats. En effet nous avons trouvé que la moyenne des feux à Koussanar est de 70,04 hectares avec une variabilité de 10,24 à 470 hectares par occurrence de feux.

Entre 2005 et 2015, les superficies brûlées à Koussanar ont varié entre 7306,83 ha et 15121,20 ha par saison ; la saison 2007-2008 s'étant distinguée des autres par sa faible superficie affectée par les feux (7306,83 ha). La baisse des surfaces brûlées pendant la période 2007-2009 est explicable d'une part par la baisse de la pluviométrie et d'autre part par la présence sur le terrain du Fonds Mondial Environnement financé par la Banque Mondiale qui, à l'époque, avait équipé les CVD en matériel de lutte et a renforcé les séances de sensibilisation.

Malgré la présence d'un pare-feu périmétral, la forêt classée de Tamba Nord brûle beaucoup plus que les autres forêts classées, car elle est ceinturée par plusieurs villages, et est traversée par beaucoup de pistes ainsi que de routes secondaires, situation à laquelle s'ajoute son importante étendue. Les enquêtés ont aussi évoqué la forte présence des exploitants clandestins dans la forêt, ce qui augmente le risque de feu.

L'exploitation des données satellitaires a montré que la plupart des feux se déclarent généralement entre 11h et 14h de la journée. Les enquêtes ont confirmé que les feux se déclarent généralement entre 10h et 15h de la journée. Les feux actifs détectés sont ceux qui sont actifs au moment du passage du satellite. Au Sénégal, les satellites TERRA et AQUA passent à 10 h 40mn et 15 h 00mn, cette période correspond à une forte activité de feux liée essentiellement aux activités rurales [15].

Le Sud et le Centre brûlent plus que le Nord car la pluviométrie y est importante, donc la quantité de biomasse herbacée produite est considérable. En plus, les CVD du Nord sont plus conscients des risques de feu et de leur impact notamment sur leur bétail et sont plus engagés dans la lutte contre ces feux de brousse.

Le domaine classé qui occupe 1132 km² soit plus de 32% de l'étendue de l'arrondissement présente une superficie de 48995 hectares de forêt brûlés sur la période d'étude représentant les 49,65% des surfaces incendiées. Cela veut dire que le domaine classé est assujetti à plus de risques de feu que les autres parties de l'arrondissement ; situation similaire comme l'a observée

et notée par [12] dans son étude où le Parc National du Niokolo Koba (PNNK) qui représente 25 % des images présente plus de 30 % des feux identifiés pendant une saison entière (1996-1997).

Les zones de culture situées au Sud de l'arrondissement de Koussanar ont connu plus d'occurrence de feux que celles situées au Centre et au Nord, car ces populations pratiquent les feux de débroussaillements (agriculture sur brûlis) surtout pendant le mois de mai.

Dans la comparaison des superficies brûlées des données MODIS et celles de la Brigade forestière, la différence observée est imputable à deux faits :

Au niveau de la brigade forestière ; Ce sont les villageois notamment les commissions de lutte contre les feux des CVD qui avertissent le service forestier du déclenchement des feux. Les enquêtes ont montré que ces feux ne sont signalés que lorsque les biens matériels sont menacés ou quand le feu ravage une superficie très grande. Donc le service forestier ne peut répertorier tous les feux.

Au niveau de la télédétection avec des images MODIS, la procédure d'identification des feux actifs s'accompagne d'un certain nombre de biais qui font que la précision des résultats de l'analyse des images dépend de la prise en compte de quelques contraintes d'ordre méthodologique [12]. Ces contraintes peuvent être situées à deux niveaux :

- - Une sous-estimation des surfaces brulées : certaines images sont nuageuses et ne peuvent être exploitées, ce qui fait que certains feux actifs ne sont pas géo référencés entrainant de ce fait une perte de données. Le passage du satellite à des heures précises peut entrainer la non identification de certains feux déclarés avant ou après le passage du satellite s'ils sont éphémères.
- - Une surestimation des superficies affectées : selon [17] un pixel de feu de 1 km² peut être classifié comme brûlé dès que les 50% sont affectés, alors qu'un pixel peut ne pas être affecté entièrement. Ceci peut entrainer donc une surestimation des surfaces affectées par le feu.

L'ampleur des feux d'une zone donnée est complexe et dépend en partie des caractéristiques topographiques et socio-économiques de la région. C'est pour cela qu'on ne peut tirer des conclusions locales à partir d'une tendance nationale. D'où le besoin de disposer au niveau local d'un service de gestion des données sur le feu. Aujourd'hui la promotion de la télédétection satellitaire peut satisfaire cette exigence en raison de son accessibilité.

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Pour ce faire, nous avons utilisé les données MODIS (MCD45A1) qui ont l'avantage de donner des informations sur les feux à temps réel et renseignes sur leur distribution spatiale et les données LANDSAT (LE7203050) ayant une meilleure résolution spatiale (30 m). Ces dernières ont été mises à contribution et ont permis de trouver un coefficient de 0,82 pour corriger les superficies trouvées avec MODIS. Tout ce processus a été complété par des enquêtes de terrain pour vérifier certaines observations. En moyenne près de 10000 hectares de végétation brûlent chaque année dans l'arrondissement de Koussanar avec une variabilité assez grande. La plupart des feux se déclarent en début de saison sèche (octobre-Novembre) ; ce sont des feux dits précoces, ils se déclenchent presque dans tout l'arrondissement mais sont surtout localisés dans le domaine protégé. Les feux tardifs interviennent dans la deuxième moitié de la saison sèche et atteignent des proportions importantes en février et mars ; ces feux tardifs sont surtout localisés au Sud de l'arrondissement et dans les forêts classées. Ces dernières sont le lieu de recrudescence des feux. En effet, sur les 10 ans d'étude, près de 50% des superficies brûlées y sont répertoriés. Ces foyers de feu entraînent une perte importante en biomasse soit plus de la moitié de la production totale par an.

REFERENCES

[1] Guiguindibaye M., belem M., Boussim J., 2013.- Caractéristiques des feux dans un incendie en savane soudanienne au Tchad. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 7 (3) : 1147-1156P.

[2] Devineau J.L., Fournier A., Ngnan S., 2010.- Savana fire regimes assessment with Modis fire data : their relationship to land cover and plant species distribution in west Burkina faso (West Africa). Journal of arid environment, 74 (9): 1092-1101.

[3] Centre de Suivi Ecologique (CSE). Février 2007.- Etude d'impact des Feux de brousse sur 1' eau, les sols et la végétation dans la partie guinéenne du bassin du fleuve Sénégal. Rapport final, Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal (OMVS), 131p.

[4] Anne Fournier, Manaka Douanio, Ali Bene. 2012.

[5] Pratique et perception des feux de végétation dans un paysage de vergers. Le pays sèmè (Kénédougou, Burkina Faso). In Anne Fournier et Urbain Yamago. 2011.
[6] Pourquoi et comment utiliser le feu comme outil de gestion en savane. Programme CORUS2 2007 : L'homme dans son environnement, (2007-2011) projet 6075, Gestion des activités d'élevage et des feux de végétation et conservation.
[7] HOOCK J. 1971. Les savanes GUYANAISES : KOUROU, Essai de phytoécologie numérique. MÉMOIRES ORSTOM N°44, Docteur ès-Sciences, ORSTOM PARIS.
[8] Kluser S., De Bono A., Giuliani G., Peduzzi P., 2004.- Les Feux de Végétation, un impact double pour la planète. Bulletin d'Alerte Environnementale, (3) Programme des Nations Unies pour L'environnement, 4P.
[9] Louppe D., Ouattara N., Coulibaly A., 1995.- Effet des feux de brousse sur la végétation. BOIS et FORETS DES TROPIQUES, N° 245-3ème trimestre, p. 59-69.
[10] Collin P., Jappiot M., Mariel A., Cabaret C., Veillon S., Brocchiero F., 2001.- Protection contre l'incendie. Fiches techniques pour les pays du bassin méditerranéen. CEMAGREF, Département Gestion des territoires, Unité de recherche : agriculture et forêt méditerranéennes, Cahier Conservation FAO 36, 164p.
[11] Decleire Y., 1999.- Développement de la gestion des feux de brousse au Sénégal, Rapport GTZ, PSACD Novembre 1999.
[12] Mbow C., 2005.- Utilisation des données basse et moyenne résolution pour le suivi des feux de brousse et l'analyse des risques d'incendie (MODIS, SPOT4-VEGETATION). *Journal des Sciences pour l'Ingénieur, 5* : 67 – 77.
[13] Sow M., 2013. - Caractérisation du risque de feu de brousse dans les savanes du Sénégal par approche expérimentale et par télédétection. Thèse doctorat, Université Cheikh Anta Diop, Institut des Sciences de la Terre.
[14] Michel A., GUEYE B., 2010.- Vers une stratégie de Gestion des feux de Brousse dans la zone d'intervention de wula-nafaa (régions de Tambacounda, Kolda et Sédhiou). Rapport USAID/WULA-NAFAA Aout 2010.
[15] Mbow C., 2000.- Etude des caractéristiques spatio-temporelles des feux de brousse et de leur relation avec la végétation dans le parc national du Niokolokoba (sud-est du Sénégal). Thèse de Doctorat de troisième cycle en sciences de l'environnement, Université Cheikh Anta Diop, Faculté des Sciences et Techniques, 121p
[16] Sarr M.-A., Faye G., Beye G., Ndione J.-A., Codjia C., 2015.- Utilisation des données MODIS et de SPOT pour l'analyse de la dynamique de deux territoires : (réserve protégée) et (unités pastorales) au Ferlo (Sénégal). XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège, 5p.
[17] Thiam E., 2006.- Activités rurales et patrimoine ligneux : implication des populations, enjeux et perspectives de gestion dans la communauté rurale de Koussanar (département de Tambacounda au Sénégal). Maitrise, Université Gaston Berger de Saint-Louis, 90P.
[18] Mbow C., 2004.- Rapport sur les feux de brousse au Sénégal pour la saison sèche de novembre 2003 à mars 2004. Institut des Sciences de la Terre, 09p.
[19] Mbodji M. M. 2016. Etude décennale (2005-2015) par imagerie satellitale de l'évolution spatiotemporelle des feux de brousse dans l'arrondissement de Koussanar, région de Tambacounda
[20] H.D. Eva, J.-M. Grégoire, P. Mayaux et D. Chevallier, 2003.- Suivi des feux de végétation dans les aires protégées d'Afrique sub-saharienne. Apport des techniques spatiales et des données satellitales pour le suivi des feux en Afrique sub-saharienne. Rapport du Commission Européenne, Direction Générale, Centre Commun de Recherche, 72p.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1658-1663
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Pertinence des prescriptions des analyses biochimiques urgentes au CHU Ibn Rochd de Casablanca

[Relevance of prescriptions for urgent biochemical analyzes at Casablanca Ibn Rochd University Hospital]

Assiya El Kettani, Mohammed El Aouni, and Nabiha Kamal

Laboratoire de biochimie, CHU Ibn Rochd-Casablanca, Université Hassan II, Casablanca, Maroc

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

ABSTRACT: *Introduction:* As a consequence of the discovery of numerous abnormalities in the prescription of biochemistry emergency parameters, the objective of this work was to establish an inventory of the emergency prescriptive practices within hospital departments of Ibn Rochd university hospital of Casablanca, for possible corrective actions.
Material and methods: A prospective transversal descriptive study was carried out on all the biochemical assessments prescribed during the guards (nights and weekends) and done in the laboratory of biochemistry of UH-Ibn Rochd of Casablanca, from June 1st to October 31st, 2015. The statistical analysis was done on Excel.
Results: During the study period, we received 9020 biochemical assessments with 73216 parameters. About 12% of these assessments were prescribed by non-emergency departments (and 88% by emergency departments). We found that non-emergency parameters were prescribed with a relative high frequency such as lipid status (triglycerides accounted for 0.48% of prescriptions (n = 352), total cholesterol 0.45% (n = 330) and LDL-cholesterol and HDL-cholesterol 0.3% (n = 220). In addition to this, 90% of the prescriptions were sent without clinical information.
Discussion and conclusion: This study revealed dysfunctions concerning the prescription of emergency biochemical assessments. For this purpose, a clinical-biological collaboration is necessary to implement corrective actions such as the drafting of prescription procedures of emergency assessments.

KEYWORDS: prescription; emergency; biochemistry.

RÉSUMÉ: *Introduction:* Suite à la constatation de nombreuses anomalies de la prescription des paramètres de biochimie d'urgence, l'objectif de ce travail était d'établir un état des lieux des pratiques prescriptionnelles d'urgence au sein des services hospitaliers du CHU Ibn Rochd de Casablanca, pour des éventuelles actions correctives.
Matériel et méthodes: Etude transversale descriptive prospective portant sur tous les bilans biochimiques prescrits pendant les gardes (nuits et les week-ends) et réalisés au sein du laboratoire de biochimie du CHU-Ibn Rochd de Casablanca, du 1er juin au 31 Octobre 2015. L'analyse statistique a été réalisée sur Excel.
Résultats: Au cours de la période de l'étude, nous avons reçu 9020 bilans biochimiques avec 73216 paramètres. Environ 12% de ces bilans ont été prescrits par des services qualifiés comme «Non-urgents» (et 88% par les services qualifiés comme urgents).
Nous avons constaté que des paramètres considérés comme non urgents étaient prescrits avec une fréquence relativement élevée comme le bilan lipidique (les triglycérides représentaient 0,48% des prescriptions (n=352), le cholestérol total 0,45% (n=330) et LDL-cholestérol et HDL-cholestérol 0,3% (n=220). Par ailleurs, 90% des bilans reçus ont été acheminés sans renseignements cliniques.
Discussion et conclusion: Cette étude a mis en évidence des dysfonctionnements concernant la prescription de bilans biochimiques urgents. A cet effet, une collaboration clinicobiologique s'avère nécessaire pour mettre en place des actions correctives comme la rédaction de procédures de la prescription et du traitement des bilans d'urgence.

MOTS-CLEFS: prescription ; urgence ; biochimie.

Corresponding Author: Assiya El Kettani

1 INTRODUCTION

L'urgence médicale est définie par toute circonstance qui, par sa survenue ou sa découverte, introduit ou laisse supposer un risque fonctionnel ou vital si une action médicale n'est pas entreprise immédiatement. Sa survenue est brutale, imprévue (douleur aiguë, malaise, traumatisme, détresse médicale...) ; la réponse apportée doit être rapide.

Les engagements du laboratoire de biologie médicale en matière de biologie d'urgence sont précisés dans le cadre des contrats clinicobiologiques.

Néanmoins, l'automatisation des techniques analytiques et leur rapidité d'exécution risquent d'entraîner la banalisation du terme d'urgence. Cette banalisation a non seulement des conséquences économiques, mais elle freine aussi la réalisation des prescriptions urgentes vraies et n'offrent le plus souvent aux cliniciens de garde aucune aide pour un diagnostic rapide ou un geste thérapeutique approprié aux manifestations biologiques du patient [1,2]

Dans notre laboratoire, nous avons constaté des dysfonctionnements qui nécessitent d'être évalués :

- Un nombre important de prescriptions pendant les gardes (nuits et les week-ends).
- Des prescriptions non suivies (pas de récupération des résultats mis en place dans les casiers correspondants de chaque service après leur validation biologique).
- Un manque des renseignements cliniques sur plusieurs demandes des examens biochimiques.
- L'existence d'anomalies de prescription de paramètres biochimiques qui sont non justifiés ou ne répondant pas à un protocole de suivi (par les principes de l'*Evidence Based-Medecine* [3,4])

De ce fait, cette étude avait pour objectif d'établir un état des lieux des pratiques prescriptionnelles d'urgence au sein des services hospitaliers du CHU Ibn Rochd de Casablanca, pour des éventuelles actions correctives.

2 MATERIEL ET METHODES

Sur une période de 5 mois (du 1er juin au 31 octobre 2015), nous avons mené une étude transversale descriptive prospective portant sur tous les bilans biochimiques prescrits pendant les gardes (nuits et les week-ends) et réalisés au sein du laboratoire de biochimie du CHU-Ibn Rochd de Casablanca.

Cette étude a concerné tous les services cliniques du CHU-Ibn Rochd de Casablanca (Hôpital d'enfants, Hôpital Ibn Rochd et Hôpital 20 Août 1953). Nous avons évalué le nombre de demandes reçues par service en précisant les paramètres biochimiques prescrits.

- **Critères d'inclusion :**

Tous les bilans biochimiques reçus durant la garde :

- Durant la semaine : de 19h à 8h du matin.
- Les samedis et les dimanches : pendant les 48h de garde.

- **Critères d'exclusion :**

On n'a pas pris en compte dans cette étude les bilans suivants :

- Les bilans d'hormonologie.
- Les marqueurs tumoraux.
- La troponine (TnIc)
- L'électrophorèse des protéines sériques.
- Le gaz du sang.
- Les bilans non-conformes.

Le caractère urgent ou non urgent du service prescripteur a été déterminé selon la nature des pathologies qu'il prend en charge.

L'analyse statistique a été réalisée sur Epi info.

3 RESULTATS

Durant la période de l'étude, 9020 bilans biochimiques ont été prescrits par les différents services cliniques du CHU Ibn Rochd de Casablanca dont on a recensé 73216 paramètres biochimiques.

Le Tableau I montre la répartition par service des bilans biochimiques prescrits.

Tableau 1. Répartition par service des bilans biochimiques prescrits au niveau du CHU Ibn Rochd au cours de la période de l'étude

Niveau d'urgence	Services cliniques du CHU Ibn Rochd	Paramètres biochimiques prescrits par chaque service N (%)	
Services "Urgents"	Services pédiatriques	3850	5,26%
	Néonatalogie	1562	2,13%
	Chirurgie viscérale pédiatrique	792	1,08%
	Service des urgences pédiatriques	3432	4,69%
	Réanimation polyvalente pédiatrique	3212	4,39%
	Chirurgie viscérale adulte	330	0,45%
	Urologie	1628	2,22%
	Services de gynécologie-obstétrique	6534	8,92%
	Réanimation du service des urgences	3630	4,96%
	Réanimation maternité	1694	2,31%
	Réanimation P17	3784	5,17%
	Réanimation 20 Août	1584	2,16%
	Réanimation des urgences médicales	2838	3,88%
	Réanimation des urgences chirurgicales	2882	3,94%
	Urgences neurochirurgicales	374	0,51%
	Néphrologie	3982	5,44%
	Centre national des brulés	4554	6,22%
	Urgences viscérales	4664	6,37%
	Cardiologie	5478	7,48%
	Chirurgie cardiovasculaire	242	0,33%
	Hématologie et oncologie pédiatrique	7546	10,31%
Services "Non Urgents"	Médecine infectieuse	1980	2,70%
	Psychiatrie	242	0,33%
	Pneumologie	220	0,30%
	Endocrinologie	1408	1,92%
	Médecine interne	1518	2,07%
	Oncologie	1474	2,01%
	Pneumologie-phtisiologie 20 Août	154	0,21%
	Ophtalmologie adulte	154	0,21%
	Dermatologie	88	0,12%
	Rhumatologie	550	0,75%
	Gastro-entérologie et proctologie	836	1,14%

Environ 12% de ces bilans ont été prescrits par des services qualifiés comme «Non-urgents» (Gastro-entérologie, endocrinologie, psychiatrie, médecine interne, pneumologie, dermatologie…) et 88% par les services qualifiés comme « urgents ». Ces derniers étaient représentés par les différentes réanimations et urgences, à savoir : la réanimation des urgences pédiatriques SUP (5%), réanimation de service des urgences SUC (5%), la réanimation polyvalente pédiatrique RCCI (4%), la réanimation P17 (5%), la réanimation des urgences médicales P27 (4%), la réanimation des urgences chirurgicales P33 (4%), la réanimation 20 Août (2%), la réanimation de la maternité (2%) et par d'autres services comme la néonatalogie (4%), l'hématologie et oncologie pédiatrique (10%), la cardiologie (7,48%), le service des brulés (6%), la néphrologie (5%).

Si on considère seuls les services qualifiés « Non urgents », la médecine infectieuse représente la grande partie avec 23% des prescriptions, suivie de la médecine interne (18%), de l'oncologie (17%), de l'endocrinologie (16%), de la gastro-entérologie, de la rhumatologie (6%), de la psychiatrie et enfin les autres services comme la dermatologie, la pneumologie qui occupent les dernières places avec des pourcentages entre 2 et 1%.

Les services de médecine infectieuse et de gastro-entérologie ont été considérés comme des services « Non urgents » en raison de l'absence de renseignements cliniques sur les bons des examens pour la biochimie.

La figure 1 représente la fréquence (%) des paramètres biochimiques prescrits durant les gardes.

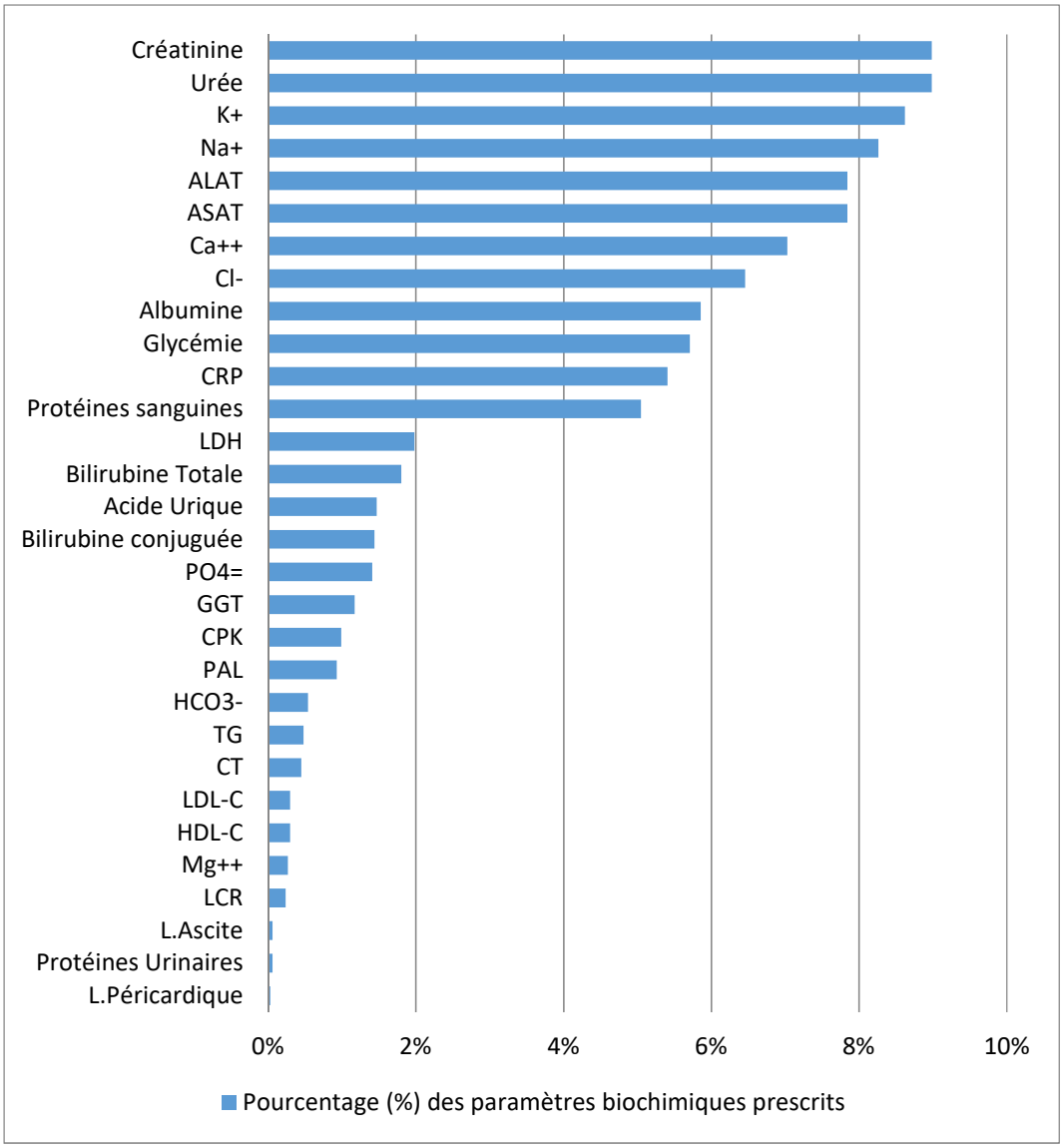


Fig. 1. Fréquence (%) des paramètres biochimiques prescrits durant les gardes

Ainsi, les prescriptions les plus fréquentes durant les gardes étaient : le bilan rénal représenté par l'urée et de la créatinine avec un taux de 8,98% (n=6578) suivi de potassium (8,62%) (n=6314) et de sodium (8,26%) (n=6050) ensuite ALAT et ASAT avec un taux de 7,84% (n=5742). Quant au calcium total il était à 7,03% (n=5148) et la chlorémie a représenté 6,46% (n=4730) des prescriptions. L'albumine, la glycémie, la CRP et les protéines totales ont représenté respectivement des taux de 5,86% (n=4290), 5,71% (n=4180), 5,41% (n=3960) et 5,05% (n=3696).

Les prescriptions les moins fréquentes (entre 2 et 1%) étaient : LDH (2%) (n=1452), la bilirubine totale (1,80%) (n=1320), l'acide urique (1,47%) (n=1078), la bilirubine conjuguée (1,44%) (n=1056), la phosphorémie (1,41%) (n=1034), la GGT (1,17%) (n=858) et CPK (1%) (n=726).

Enfin des prescriptions dont la fréquence était inférieure à 1% (inférieure à n=726 en valeur absolue) étaient : PAL (0,93%) (n=682), les bicarbonates (0,54%) (n=396), TG (0,48%) (n=352), le cholestérol total (0,45%) (n=330), LDL-cholestérol et HDL-cholestérol (0,3%) (n=220), le magnésium (0,27%) (n=198), biochimie des LCR (0,24%) (n=176), la biochimie des liquides d'ascite et les protéines urinaires étaient à un taux de 0,06% (n=44) et enfin la biochimie des liquides péricardiques représentait 0,03% du total prescrit (n=22).

Par ailleurs, 90% des bilans reçus ont été acheminés sans les renseignements cliniques.

4 DISCUSSION

Notre étude a évalué les pratiques de 37 services cliniques qui étaient réparties sur les trois hôpitaux de CHU Ibn Rochd de Casablanca.

Environ, 12% des bilans biochimiques traités durant les gardes ont été prescrits par des services cliniques « Non urgents ». Alors que les services qualifiés « Urgents » avaient 88% des bilans biochimiques traités durant les gardes.

Nous avons également constaté que des paramètres considérés comme non urgents étaient prescrits avec une fréquence relativement élevée comme le bilan lipidique (les triglycérides représentaient 0,48% des prescriptions (n=352), le cholestérol total 0,45% (n=330) et LDL-cholestérol et HDL-cholestérol 0,3% (n=220).

Ce qui pourrait engendrer un retard du rendu de résultat pour d'autres bilans proprement urgents et peut répercuter sur une vraie urgence vu que la pratique aux urgences est soumise à des contraintes de temps, de moyens et d'optimisation d'allocation des ressources [5,6]

La prise en charge d'une urgence hospitalière repose d'une part sur une approche clinique au lit du malade étayé par l'anamnèse et d'autre part sur la biologie en l'occurrence la biochimie par un bilan ciblé et pertinent comportant un ensemble de paramètres jugés comme étant urgents.

De ce fait, un des rôles du biologiste dans la pertinence de la prescription des analyses en urgence est d'établir a priori une liste d'analyses réalisables « en urgence ». Ce choix conditionne l'offre qui va moduler la demande faite par le clinicien. Cette liste est établie à partir des critères pré-analytiques et analytiques, de la valeur diagnostique des tests et enfin de l'impact de ces tests sur la prise en charge des patients. [7,8]. Le délai entre le prélèvement et le résultat transmis doit être également défini entre le laboratoire et le prescripteur [9].

Selon la société française de biologie clinique, l'urgence en biochimie correspond à la mise en évidence et/ou le suivi d'un état pathologique aigu ou chronique, à l'origine d'une défaillance vitale (ischémie myocardique par exemple) ou d'un déséquilibre systémique (équilibre hydroélectrolytique, acidobasique…) délétère pour l'organisme. Les tableaux II et III représentent la liste des examens susceptibles d'être prescrits en urgence [10].

Tableau 2. Liste minimale d'examens susceptibles d'être réalisés par un laboratoire de biochimie acceptant les urgences

Examen	Échantillon	Délai
Bilan sur sang total Gaz du sang (GDS), CO-oxymétrie : hémoglobine, carboxyhémoglobine, méthémoglobine Electrolytes sur sang total (si compris dans GDS, sinon 60 minutes) : sodium, potassium, glucose, calcium ionisé, lactate	1 seringue adaptée sang artériel	10-30 minutes selon contexte clinique
Bilan plasmatique (recommandé) et/ou sérique (si possible sur un seul échantillon) : ionogramme (sodium, potassium, chlore, CO2T, protides), glucose, urée, créatinine, lactate, calcium, bilirubine totale et conjuguée, enzymes : créatine kinase CK, aspartate aminotransférase AST, alanine aminotransférase ALT, lipase GGT et PAL Protéine C-réactive (CRP)	1 échantillon par origine de prélèvement en fonction des contraintes analytiques	< 60 minutes (non applicable en suivi de chirurgie cardiaque) < 75 minutes (si dilution requise)
Marqueurs cardiaques : troponine (T ou I)	< 60 minutes (non applicable en suivi de chirurgie cardiaque) < 75 minutes (si dilution requise)	< 60 minutes
Hormonologie : gonadotrophine chorionique humaine totale (hCG)	< 60 minutes	
Biochimie du liquide cérébrospinal (LCS) : protéines, chlorure, glucose, lactate	1 échantillon LCS	< 60 minutes

Tableau 3. Liste complémentaire des examens réalisables en urgence en fonction du contexte clinique

Examen	Échantillon	Délai
Bilan plasmatique et/ou sérique (si possible sur un seul échantillon) : calcium ionisé, magnésium, phosphore, acide urique, osmolalité, lactate déshydrogénase LDH Corps cétoniques (ou hydroxybutyrate), ammoniémie Protéines : haptoglobine, albumine, procalcitonine	1 échantillon par origine de prélèvement en fonction des contraintes analytiques	< 60 minutes
Marqueurs cardiaques : BNP (brain natriuretic peptide) ou NT-ProBNP (N-terminal pro BNP), myoglobine Hormonologie : thyréostimuline (TSH), cortisol, peptide C Marqueurs tumoraux : alpha-foetoprotéine (AFP)		< 60 minutes
Bilan urinaire : sodium, potassium, urée, créatinine, protéines, glucose	1 échantillon d'urines	< 60 minutes

5 CONCLUSION

Cette étude a mis en évidence plusieurs dysfonctionnements : prescription de bilans qui ne sont pas de première intention dans la prise en charge des malades et qui par leur réalisation durant la période des gardes peuvent engendrer du retard sur le rendu des résultats des bilans vraiment urgents.

Un bon fonctionnement des gardes nécessite une collaboration clinico-biologique et une réflexion permanente pour rationaliser les prescriptions d'examens biochimiques aux urgences et améliorer la qualité d'une prise en charge rapide des malades.

A cet effet, la rédaction de procédures des bilans d'urgence en biochimie du CHU Ibn Rochd de Casablanca s'avère nécessaire.

REFERENCES

[1] Feugeas.J-P, Manchon.M, Augereau.C et al. Bilans biochimiques et pharmacologiques d'orientation en urgence. Ann Biol Clin 2003 ; 61 (1) : 5-13

[2] Challine D, Dhondt JL, Szymanowicz A ; les membres du sous-groupe pré-analytique - Groupe de travail SFBC « Accréditation des laboratoires de biologie médicale ». Recommandations concernant le processus des examens urgents. Ann Biol Clin 2010 ; 68 (Hors-série no 1) : 147-54.

[3] Watinea. J, Couaillac. J-P, Lepargneur.J-P, Augereau C, Bunting P S, Osterhuis W P. Médecine fondée sur les preuves (EBM) et recommandations pour la pratique clinique (RPC) : à propos de trois idées fausses. Immuno-anal biol spé 2012 ; 27 : 279-282.

[4] Pierrard.H, Schrijvers.G. Evidence-Based Medicine (EBM) en médecine du travail : théorie et pratique. Arch Mal Prof Enviro 2013 ; 74 : 157-164.

[5] Claessens.Y-E, Mallet-Coste.T, Riqué.T, Macchi M A, Ray P, Chenevier-Gobeaux C. Biomarqueurs en médecine d'urgence : progrès et mésurage. Presse Med 2014 ; 43: 74-80

[6] Feugeas.J-P. Considérations pour le choix et la mise en place des analyses « urgentes » dans un laboratoire hospitalier. Dossier Biologie des Urgences. Biotribune Mai 2004 ; (10) :25-26

[7] Zankera.C, Bezeaudb.A, Guimontb.M-C, Denninger M H, Breaud N, Beauneet S et al. Évaluer la juste prescription des examens biologiques dans un service d'urgence. J Eur 2007 ; 20 (1) Supplement : 14–15

[8] Bilbault.P, Hane.M.-A., Berna.C, Duja C, Mihalcea M, Steinmetz J P et al. Maîtrise des prescriptions d'examens biologiques aux urgences : exemple des amylases-lipases. J Eur 2009 ; 22S : 44-48.

[9] Blanchard T, Capolaghi B, Carayon P, Cartier R, Chatron P, Dedieu G, et al. Descriptif standardisé « Middleware » (SFBC). Ann Biol Clin 2012 ; 70(Suppl.1) : S1-S64.

[10] Vaubourdolle M, Alvarez J C, Barbé F, Beaudeux J L, Boissier E, Caillon H et al. Recommandations de la SFBC sur la biologie d'urgence ; Ann Biol Clin 2016 ; 74 (2) : 130-55.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1664-1678
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Richesse spécifique et abondance du peuplement ichtyologique de l'Aire Marine Protégée de Joal- Fadiouth au Sénégal

[Specific richness and abundance of the ichthyologic population of the Protected Marine Area of Joal-Fadiouth in Senegal]

Serigne Modou SARR[1], Mamadou NDIAYE[2], Elhadji FAYE[1], and Djibril Keita DIEDHIOU[3]

[1]Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale ex ENCR, Université de Thiès, BP 54 Bambey, Sénégal

[2]Direction des Aires Marines Protégées Communautaires, Dakar, Sénégal

[3]Direction des Parcs Nationaux, Sénégal

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

ABSTRACT: The objectives of the study were to determine the specific richness and abundance of the fish population of Joal Fadiouth's Protected Marine Area (MPA) in Senegal. To obtain a representative view of the spatial distribution of the fish fauna of the Joal-Fadiouth MPA, we chose to sample at three sites in particular the Gaskel, Church and Mbar Assane stations. Experimental fisheries are conducted between 2014 and 2015 during the four hydrological seasons of each year, including cold (April), cold warm (June), warm (August) and cold (November). Three types of fishing gear, namely a purse seine (ST), an encircling mesh (FME) mesh 12 mm stretched and a longline (P) were used separately from one station to another, each station. It allowed us to identify the different species and their distribution in the MPA. A total of 70 species were recorded between the different experimental fishing stations in both zones. These species are divided into 60 genera belonging to 38 families. The species of Sciaenidae and Carangidae are the most numerous with respectively 9 and 7 species, followed by Sparidae, Clupeidae and Tetraodontidae with 5 species for the first and 3 species for each of the other two.

KEYWORDS: diversity, population, ichthyology, family, species, Marine Protected Area.

RESUME: Les objectifs de l'étude ont consisté à déterminer la richesse spécifique et l'abondance de la population ichtyologique de l'Aire Marine Protégée (AMP) de Joal Fadiouth au Sénégal. Pour obtenir une vue représentative de la répartition spatiale de la faune ichtyologique de l'AMP de Joal-Fadiouth, nous avons choisi d'échantillonner sur trois sites notamment dans les stations de Gaskel, Eglise et Mbar Assane. Des pêches expérimentales sont réalisées entre 2014 et 2015 durant les quatre saisons hydrologiques de chaque année notamment en saison froide (avril), en saison de transition froide-chaude (juin), en saison chaude (août) et en saison de transition chaude froide (novembre). Trois types d'engin de pêche à savoir une senne tournante (ST), un filet maillant encerclant (FME) de mailles 12 mm étirée et une palangre (P) ont été utilisés séparément d'une station à une autre, suivant les caractéristiques de chaque station. Elle nous a permis d'identifier les différentes espèces et leur aire de répartition dans l'AMP. Au total, 70 espèces ont été recensées entre les différentes stations de pêche expérimentale des deux zones. Ces espèces se répartissent en 60 genres appartenant à 38 familles. Les espèces de la famille des Sciaenidae et des Carangidae sont les plus nombreuses avec respectivement chacune 9 et 7 espèces, suivies par, les Sparidae, les Clupeidae et les Tetraodontidae avec 5 espèces pour le premier et 3 espèces pour chacune des deux autres.

MOTS-CLEFS: diversité, peuplement, ichtyologie, famille, espèce, Aire Marine Protégée.

Corresponding Author: Serigne Modou SARR

1 INTRODUCTION

Les eaux sénégalaises sont très productives, enrichies par un phénomène saisonnier d'upwelling, de décembre à mai. C'est au cours de cette période que les eaux froides profondes, riches en minéraux et en nutriments remontent vers la surface, occasionnant ainsi une forte concentration de bancs de poissons [1]. Selon [2], le Sénégal est avantagé par sa façade maritime qui dispose d'énormes potentialités fauniques : ichtyologique et malacologique avec des conditions de vie assez favorables à leur développement. C'est cette situation favorable qui explique les captures satisfaisantes du point de vue qualitative et quantitative dont la meilleure saison s'étale de juin à octobre, et les espèces rencontrées estimées à une cinquantaine [3] et [4]. Mais l'utilisation d'engins et de techniques de pêche à performance croissante notamment les sennes tournantes et coulissantes, les filets maillants dérivant surface et les sennes de plage ont augmenté l'effort de pêche par une exploitation intensive des ressources *halieutiques* ([5] ; [6]) avec comme conséquence la surexploitation des principales ressources démersales côtières tels que le mérou blanc (*Epinephelus aeneus*), le pageot (*Pagellus bellottii*), le pagre (*Sparus caeruleostictus*), le petit capitaine (*Galeoides decadactylus*), le rouget (*Pseudupeneus prayensis*), le poulpe (*Octopus vulgaris*) et la crevette côtière (*Farfantepenaeus notialis*) ([7] ; [8] et [9]). Pour une exploitation durable des ressources halieutiques, l'Etat du Sénégal a initié plusieurs politiques notamment la création de cinq Aires Marines Protégées (AMP) par Décret présidentiel n° 2004-1408 du 04 novembre 2004. Elles sont créées pour contribuer à l'augmentation des stocks des ressources halieutiques et à la restauration des écosystèmes et des habitats marins dégradés. Et selon [10], la dénomination d'Aire Marine Protégée recouvre une grande variété de situations qui diffèrent autant par leur contexte océanographique et écologique que par les usages pratiques et les options choisies ou imposées au moment du projet d'établissement de l'aire protégée : degré de protection et zonage, mode de gestion, type d'encadrement administratif et moyens disponibles. Au Sénégal, les études biologiques concernant les aires marines protégées sont récentes mais de plus en plus nombreuses. Le choix du site de l'AMP de Joal est particulièrement pertinent, d'un point de vue bio-écologique [11]. Elle concerne, en effet, une zone d'estuaire à mangrove, zone réputée pour sa productivité mais aussi pour certaines fonctions essentielles au maintien des populations et des peuplements de poissons, estuariens mais aussi côtiers, dont l'importance économique et sociale est considérable ([12] ; [13] et [14]). Depuis la mise en place de l'Aire Marine Protégée de Joal-Fadiouth en 2004 [5], aucune étude n'est réalisée pour déterminer sa composition ichtyologique. La présente étude est une contribution à l'étude de la richesse spécifique et de l'abondance du peuplement ichtyologique de l'Aire Marine Protégée de Joal- Fadiouth au Sénégal.

2 MATERIEL ET METHODES

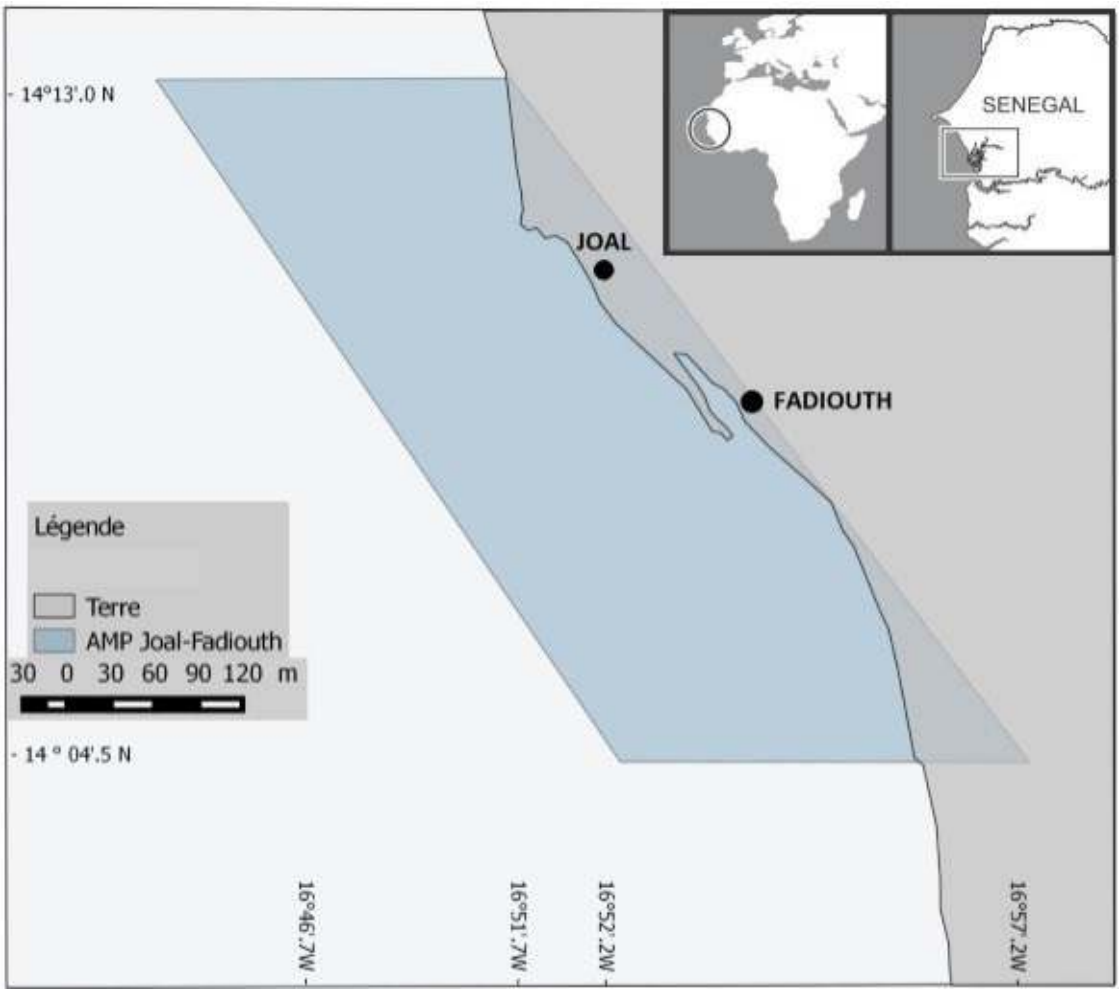
2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

L'AMP de Joal-Fadiouth est située dans la région de Thiès, département de Mbour, Commune de Joal-Fadiouth. Elle s'étend sur 174 km^2 dans sa partie marine et comprend dans sa partie continentale, un bras de mer et un important réseau de mangrove (Tableau 1).

Tableau 1. Délimitation de l'Aire Marine Protégée de Joal-Fadiouth

Zones de relevés	**Position à terre**		**Position en mer**	
Coordonnées	*Latitudes*	*Longitudes*	*Latitudes*	*Longitudes*
Début	14°04'5N	16°46'7W	14°04'5N	16°51'7W
Fin	14°13'0N	16°52'2W	14°13'0N	16°57'2W

(Source : décret de création de l'AMP 2004)



Carte 1 : Localisation et situation géographique de l'Aire Marine Protégée de Joal-Fadiouth

2.2 COLLECTE DES DONNÉES

Pour obtenir une vue représentative de la répartition spatiale de la faune ichtyologique, trois stations de pêche ont été choisies au hasard dans l'AMP. Et c'est au niveau de ces stations où ont été effectuées les pêches expérimentales durant les quatre saisons hydrologiques de l'année (saison froide, saison de transition froide-chaude, saison chaude et saison de transition chaude froide) et l'identification des poissons capturés. Cet échantillon a été choisi au hasard sur les treize (13) stations correspondantes aux différents types d'habitats. Trois types d'engin de pêche à savoir une senne tournante (ST), un filet maillant encerclant (FME) de mailles 12mm étirée et une palangre (P) ont été utilisés séparément d'une station à une autre, suivant les caractéristiques de chaque station. Le principe consiste à identifier les espèces et à mesurer tous les individus de la même espèce si leur nombre ne dépasse pas 30, dans le cas contraire, un échantillon de 30 individus est mesuré (longueur totale et poids total) et le reste est pesé directement. Pour une meilleure connaissance de la dynamique de la faune ichtyologique de l'AMP, cette opération a été maintenue durant les quatre saisons hydrologiques de l'année sur une période de deux ans (2014 et 2015).

- Saison froide,
- Saison de transition froide-chaude (Juin),
- Saison chaude (Août)
- Saison de transition chaude froide (Novembre).

Carte2 : Localisation des différents sites dans l'Aire Marine Protégée

Tableau 2. Saisons maritimes du Sénégal

Saisons	Principales caractéristiques
Saison froide (décembre à mai)	- manifestation des alizés (continental/harmattan et maritime/lié à l'anticyclone des Açores) à dominante nord-nord-ouest - période d'upwelling par excellence - eaux canariennes
Réchauffement (mai à juin)	- transition saison froide/saison chaude - début d'apparition des eaux tropicales chaudes
Saison chaude (juin à novembre)	- atténuation des alizés et de la remontée d'eau froide - manifestation de la mousson, apparition des pluies - eaux tropicales et guinéennes
Refroidissement (novembre à décembre)	- transition saison chaude/saison froide - retrait des eaux tropicales chaudes vers le sud - début d'apparition des eaux canariennes froides

Sources: Rossignol et Aboussouan (1965) – Rébert (1979) in [15]

2.3 TRAITEMENT DES DONNÉES

Dans un premier temps, le tableur Excel a été utilisé pour l'organisation des données et la réalisation de certains graphiques. Des méthodes complémentaires ont été utilisées avec notamment, l'indice de diversité de Shannon-Weave (Sh). Les traitements statistiques et les graphiques ont été réalisés avec le logiciel Xlstat.

2.4 ANALYSE DES DONNÉES

2.4.1 COMPARAISON DES COMPOSITIONS ICHTYOLOGIQUES

Dans le cadre de cette étude, l'utilisation d'indices de diversité nous a permis de mesurer le degré d'organisation des communautés et la qualité de cette organisation [16]. À cet effet, nous avons fait recours à l'indice de diversité de [17], pour

mesurer la diversité spécifique de chaque station au cours des différentes saisons. Cet indice est le plus utilisé, car intègre à la fois le nombre total d'espèces présentes avec la fréquence relative des espèces [16]. Il représente une mesure de la composition en espèces d'un écosystème qui tient compte de leur distribution et de leurs abondances relatives. Les valeurs prises varient entre 0 (une seule espèce) et 4,5 (diversité très forte). Un indice supérieur à 4,5 dans la nature mène généralement à une perte de la stabilité de l'écosystème [18]. L'indice de diversité de Shannon (Sh) est faible lorsque les individus rencontrés appartiennent tous à une même espèce ou bien quand toutes les espèces sont représentées par un seul individu ; donc cet indice est plus sensible aux espèces rares. Cependant, Sh est maximum quand les individus trouvés sont répartis sur plusieurs espèces, ce qui correspond à un peuplement stable, non soumis à l'action des facteurs abiotiques ou facteurs de pollution [16]. Ainsi donc, l'évaluation de la diversité spécifique au niveau des différentes stations de l'AMP nous a permis de caractériser sa structure et indiquer l'état de maturité de son peuplement. Plusieurs formules ont été proposées pour évaluer cet indice, mais celle de [17] définie par l'équation suivante est la plus utilisée.

$$Sh = -\sum_{i=1}^{m} P_i \times log_2(P_i)$$

Où : *pi* est la fréquence de l'espèce *i* dans le peuplement; *m* est le nombre des espèces.

2.4.2 ANALYSES MULTIVARIÉES DES DONNÉES

Une méthode d'analyses multidimensionnelles reposant sur l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été utilisée pour le traitement en un seul graphique d'un ensemble d'observations au sein des différentes stations de peuplement. Ce qui nous a permis d'extraire les tendances les plus marquantes de l'ensemble des données utilisées et d'éliminer les effets marginaux ou ponctuels qui perturbent la perception globale des faits [19]. En traitant des données de type qualitatif ou catégoriel, l'AFC permet de décrire des données consignées dans un tableau croisant des individus (« n » lignes) et des caractères ou variables («p » colonnes) qui sont mesurés sur ces individus. Dans cette étude, nous avons accordé une importance de la variation du temporelle et de l'hétérogénéité spatiale de l'environnement de celle-ci dans la structuration de ces écosystèmes.

3 RESULTATS

3.1 PEUPLEMENT ICHTYOLOGIQUE

Le suivi de la faune ichtyologique de l'AMP de Joal-Fadiouth au cours de l'année 2014 a permis d'identifier les principales espèces et leur aire de répartition dans l'AMP. Au total, 70 espèces ont été recensées entre les différentes stations de pêche expérimentale des trois zones. Ces espèces se répartissent en 60 genres appartenant à 38 familles. Les espèces de la famille des Sciaenidae et des Carangidae sont les plus nombreuses avec respectivement chacune 9 et 7 espèces, suivies par les Sparidae, les Clupeidae et les Tetraodontidae avec respectivement chacune 5, 3 et 3 espèces, soit 33% pour les Sciaenidae, 26% pour les Carangidae, 19% pour les Sparidae et 11% pour des deux autres familles (Clupeidae et Tetraodontidae). Toutes les autres familles sont représentées par une (01) ou deux (2) espèce(s) et les espèces correspondantes sont d'origine marine ou estuarienne. Cette diversité ichtyologique de l'AMP varie d'une saison à l'autre au cours de l'année 2014. La composition spécifique varie d'une station à une autre. Si les espèces de la famille des carangidae sont plus nombreuses au niveau des stations Eglise et Gaskel, les espèces de la famille des Sciaenidae sont plus présentes au niveau de la station Gaskel (tableau 3).

Tableau 3. Cinq familles dominantes du peuplement ichtyologique de l'Aire Marine Protégée

Familles	Station Eglise	Station Gaskel	Station Mbar Assane
Carangidae	9	7	2
Clupeidae	3	3	2
Sciaenidae	4	8	3
Sparidae	4	3	1
Tetraodontidae	2	3	2

La diversité spécifique de la faune ichtyologique de l'AMP varie d'une saison à une autre. Ainsi, le plus grand nombre d'espèces a été identifié en saison froide (48 espèces), suivi des saisons de transition froide-chaude (35 espèces) et chaude

froide (34 espèces) et enfin la saison chaude, durant laquelle 23 espèces ont été recensées au niveau des trois stations. Cette forme de variation temporelle de la diversité spécifique du peuplement de poissons de l'AMP est identique à celle de la variation de la diversité des familles durant les quatre saisons pour les années 2014 et 2015. Cette tendance décrit la variabilité intra-annuelle et révèle que c'est à cette saison que la diversité des espèces et des familles est plus importante. En saison chaude elle se décale du sommet ; ce qui est synonyme de pauvreté en diversité ichtyologique et ou famille.

3.2 RÉPARTITION SPATIALE DE L'ICHTYO FAUNE

3.2.1 ESPÈCES DOMINANTES PAR STATION.

Les proportions des dix espèces dominantes se présentent différemment d'une station à une autre durant l'année 2014.

La station Eglise montre que, sur les 10 espèces dominantes, *Ilisha africana* enregistre le plus fort pourcentage, suivi de Ethmalosa fimbriata, les espèces Ephippion guttifer et Pomadasys incisus y sont faiblement représentés.

La station Gaskel révèle que, sur les dix espèces les plus abondantes de cette station, le *Liza dumerili* a le grand pourcentage, suivi de *Ethmalosa fimbriata*. Les espèces *Ephippion guttifer, Cynoglossus sp, Pomadasys incisus* et *Pseudotolithus senegalensis* y sont faiblement représentées.

La station Mbar Assane **:** sur les 10 espèces dominantes de cette station, on note une forte présence de *Ethmalosa fimbriata* avec plus de 40%, suivi de *Oreochromis guineensis* et *Ilisha africana*. Les espèces *Cynoglossus sp, Dasiatys margarita* et *Pomadasys jubelini* y sont absentes.

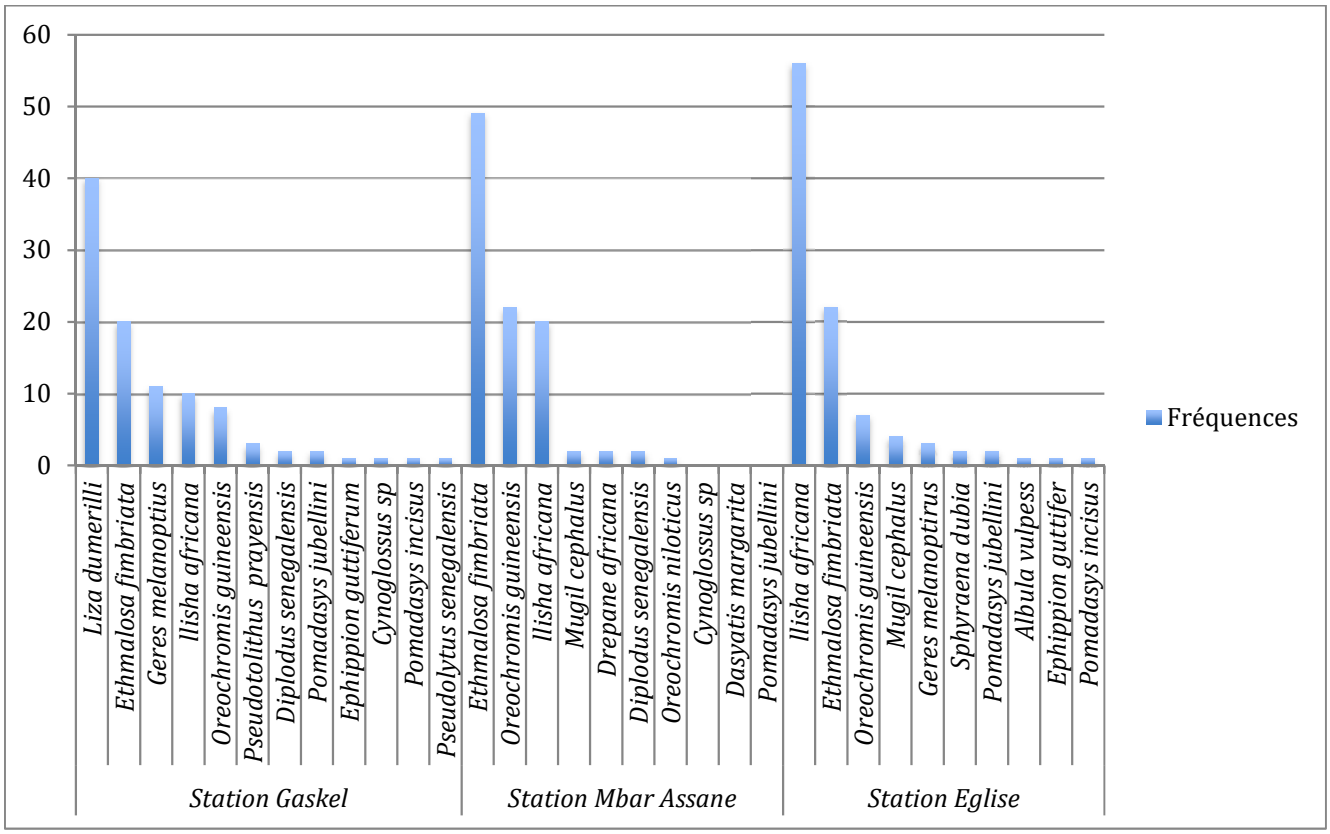


Fig. 1. Fréquence des espèces dominantes des stations Gaskel, Mbar Assane et Eglise

Notre étude s'est intéressée à la variation temporelle de la faune ichtyologique des 3 stations de l'AMP au cours de chaque saison hydrologique. Les résultats obtenus à cet effet, montrent que la composition spécifique du peuplement de poissons varie au sein d'une même station d'une saison à une autre.

Station Eglise : L'analyse de la figure 1, montre que sur les dix espèces les plus représentatifs de la station Eglise en saison froide, les plus abondantes sont chronologiquement : *Oreochromis guineensis* (29%), *Albula vulpes* (24%), *Ephippion guttifer* (13%), *Pseudupeneus prayensis* (8%). Tous les six autres espèces ont chacune moins de 7% du nombre total d'individus recensé au niveau de cette station au cours de cette saison.

La figure 2 révèle une nette dominance d'une espèce à l'image de *Ethmalosa fimbriata* qui se signale durant la SF-CH et SCH. En SCH-F, il passe le témoin à *Ilisha africana.* Sur les dix espèces les plus représentatives de ces trois stations, il existe une forte dominance de ces 2 espèces (*E. fimbriata* et *I. africana*). Les variations saisonnières de l'ichtyo faune durant les périodes de transition saison fraiche-chaude et saison chaude froide représentées séparément par la figure 2 révèle une richesse ichtyologique dont le premier constat qui s'y dégage est la réduction des amplitudes de dominance.

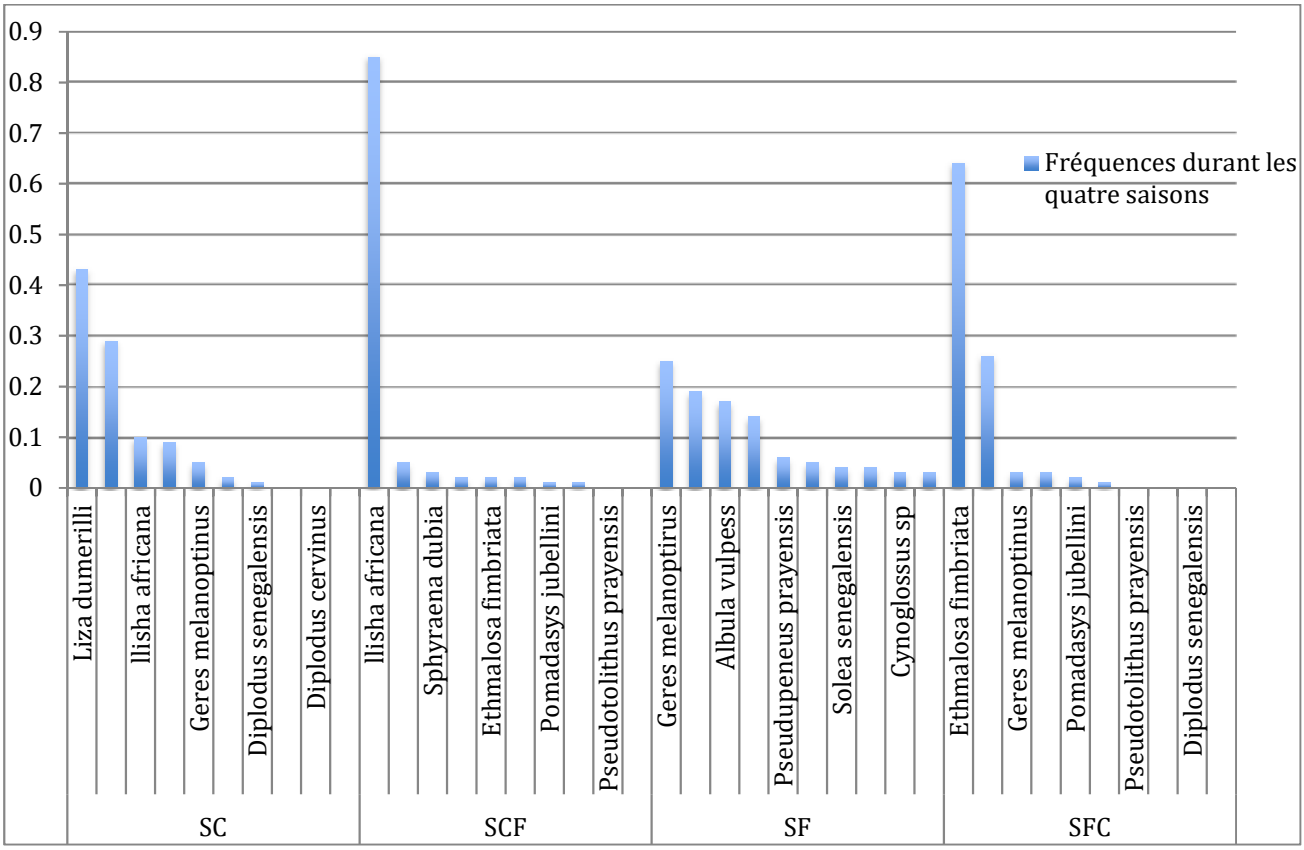


Fig. 2. Proportions des espèces dominantes durant les quatre saisons

Le mode d'occupation de l'espace par les espèces varie d'une famille à une autre. Ainsi, si toutes les espèces de la famille des *Clupeidae* se rencontrent au niveau de toute les zones, les espèces de la famille des *Sparidae* et celles de la famille des *Haemulidae* se retrouvent uniquement au niveau des zones de *Bunt-bi* (75% et 50%) et *Tank* (50% chacune). Des similitudes sont également notées entre les espèces de la famille des *Carangidae* avec celles des *Clupeidae* en ce qui concerne leur répartition à travers les quatre zones.

Toutefois, cette diversité des familles ne rime pas avec une abondance spécifique pour l'ensemble des familles qui ont été identifiées dans l'AMP. Il y'a pas plus de quatre (04) espèces par famille (Tableau 4) et plus de la moitié des familles (77,78%) sont représentées par une seule espèce.

L'autre approche communément utilisée dans l'évaluation de l'influence de la variation temporelle de la faune ichtyologique est le cumul des résultats des stations en fonction des saisons. Celui-ci a donné les diagrammes de saisonnalité suivants :

Cumul des stations (AMP)

Le calcul de l'abondance relative (AR) de chaque espèce inventoriée durant la 1ere campagne de pêche expérimentale montre que les communautés piscicoles sont dominées respectivement par le *Gerres melanopterus, Oreochromis guineensis, Albula vulpes* et *Ephippion guttifer* en saison froide (Figure 3).

En saison de transition froide chaude, deux (02) espèces dominantes sont : *Ethmalosa fimbriata* et *Oreochromis guineensis (*Figure 3). Le reste des espèces ne dépasse pas 4% chacune.

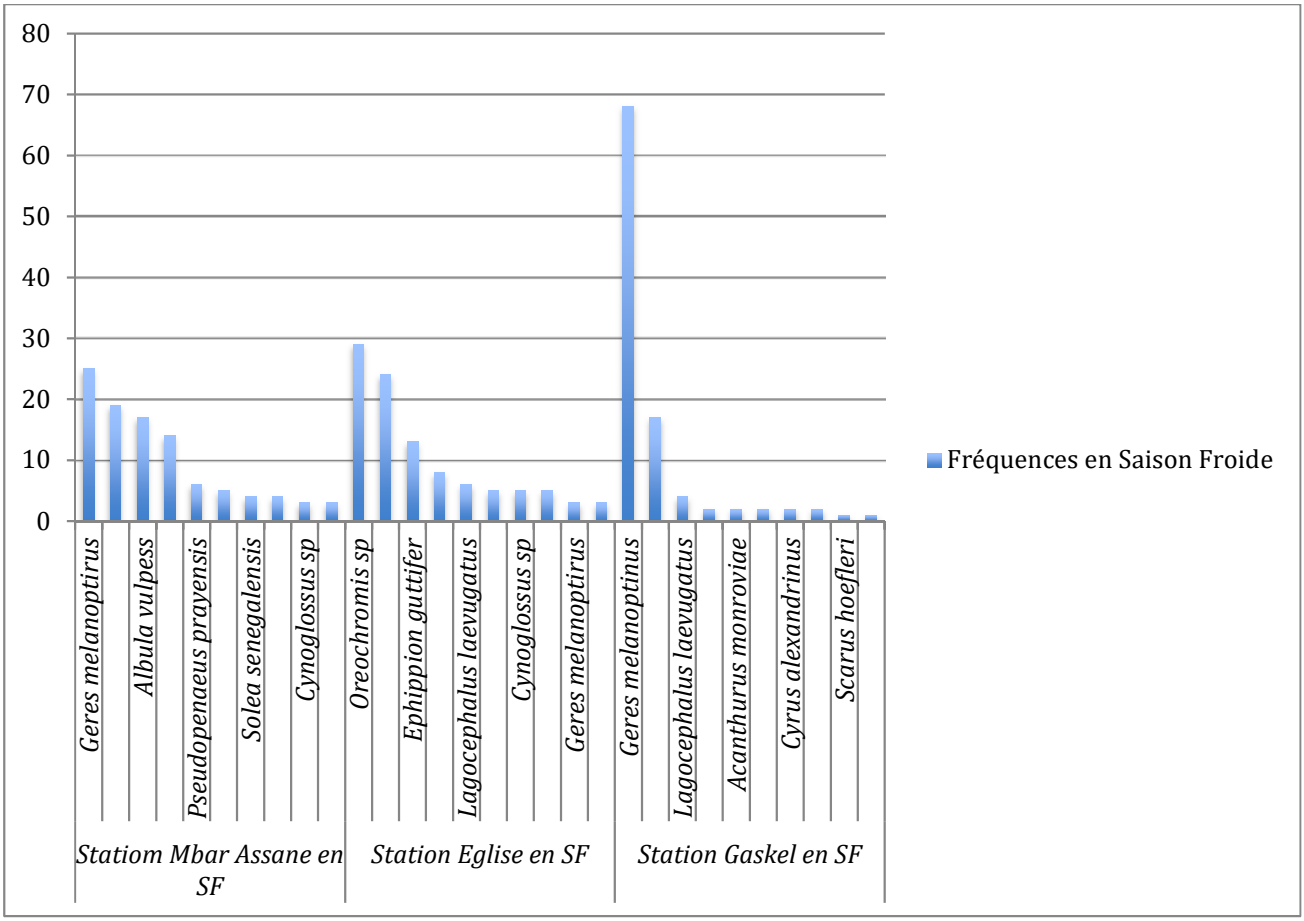


Fig. 3. Proportions des espèces dominantes en saison froide dans de la station Gaskel, Mbar Assane et Eglise

En saison chaude, le cortège dominant est composé respectivement par *Liza dumerilli* (43%), *Ethmalosa fimbriata (29%) Ilishia africana (10%) et Oreochromis guineensis (9%).* Le reste ne dépasse pas les 6%.

En saison de transition chaude froide, l'analyse de la figure 4 révèle que sur les dix espèces dominantes seule *Ilisha africana*, domine largement. Le pourcentage cumulé des neuf autres espèces restantes n'atteignent pas chacune les 5%.

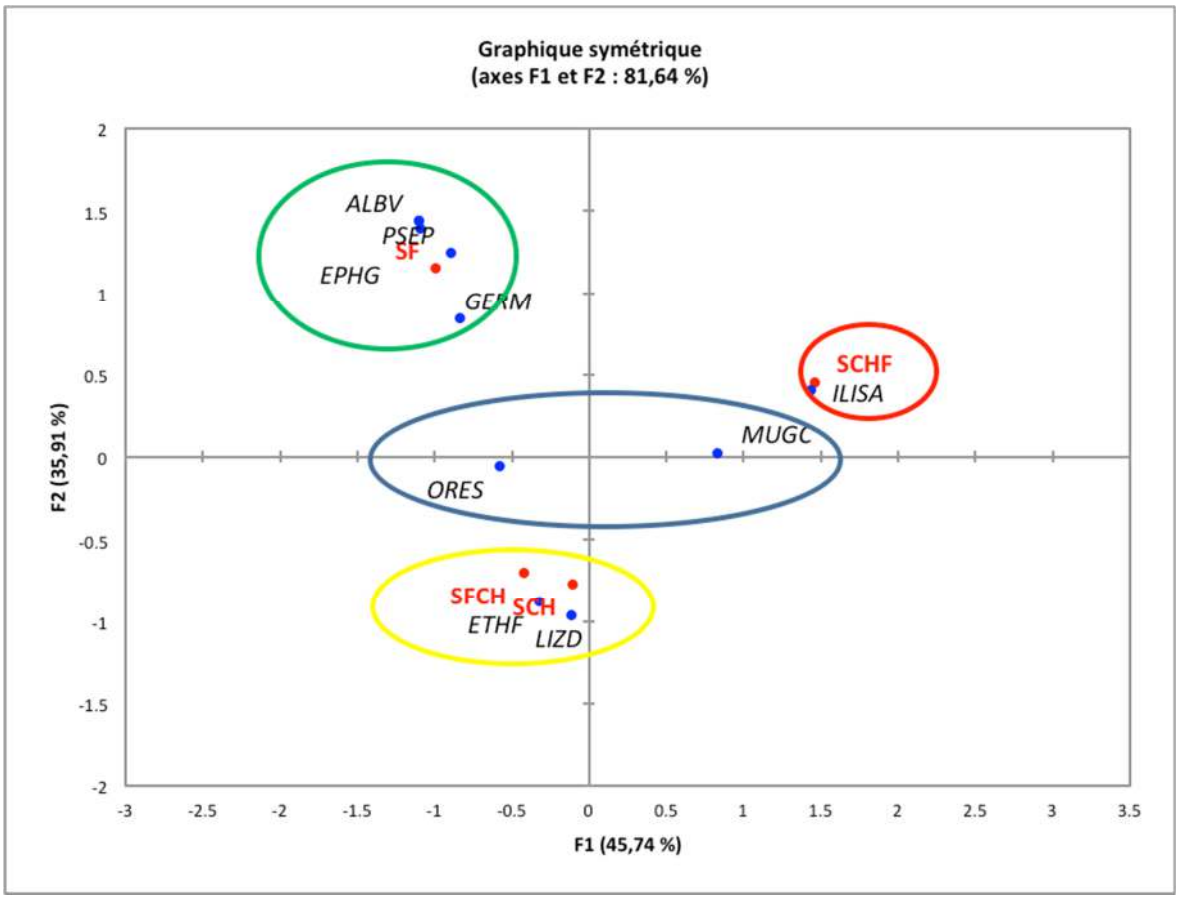


Fig. 4. Proportions des espèces dominantes durant la saison chaude

3.2.2 INDICES DE DIVERSITÉ

3.2.2.1 INDICE DE SHANNON-WEAVER (SH)

La détermination de l'indice de Shannon-Weaver au niveau des différentes stations durant les quatre saisons nous permet d'une autre manière de suivre la dynamique de la biodiversité ichtyologique au niveau de chaque station. Cela nous permet également de faire une étude comparative de la biodiversité d'une station à une autre.

Ainsi, pour chacune des trois stations, les résultats suivants ont été obtenus :

L'analyse du tableau 4 montre que les valeurs de l'indice de Shannon-Weaver varient d'une station à une autre. Ils varient également d'une saison à une autre. Au niveau de la station Eglise, cette variation suit un gradient décroissant, contrairement au niveau de la station Mbar Assane, où celle-ci suit un gradient croissant avec une valeur maximale (1,243) inférieure aux maximas des variations des valeurs de cet indice au niveau des deux autres stations (2,596 et 2,866). Ce qui voudrait dire que la plus grande biodiversité en termes de composition spécifique est rencontrée au niveau des stations Eglise et Gaskel. Et une deuxième similitude entre *Bunt-bi* et *Tank*, qui en plus de leur peuplement par les quatre familles, ont les mêmes proportions d'espèces pour les *Carangidae* et les *Clupeidae* et ces résultats sont comparables à ceux obtenus par [16] dans l'AMP de Cayar.

Tableau 4. Variation de la valeur de l'indice de Shannon-Weaver (Sh) des stations en fonction des saisons

	Saison Fraiche	Saison Froide-chaude	Saison Chaude	Saison Chaude Froide
St Eglise	2,596	1,341	0,889	0,479
St Gaskel	1,449	***2,596***	1,519	***2,866***
St Mbar Assane	*0,637*	*0,695*	1,243	***1,243***

Tableau 5. Liste des espèces recensées dans l'AMP de Cayar

Familles	**Espèces**	**Code**	**Bunt-bi**	**Tank**	**Angleterre**	**Keruss**
Ariidae	*Arius africanus (Günther, 1867)*	ARIUA	+	+	+	+
Sparidae	*Dantex canariensis (*Steindachner, 1881)	DANTA	+			
	Pagellus bellottii (Steindachner, 1882)	PAGEB	+	+		
	Diplodus bellottii (Steindachner, 1882)	DIPLB		+		
	Boops boops (Linnaeus, 1758)	BOOPB	+			
Carangidae	*Alectis alexandrina (*Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)	ALECA			+	
	*Selene setapinis (*Mitchill, 1815)	SELES	+	+		+
	*Tranchinotus ovatus (*Linnaeus, 1758)	TANCO	+	+	+	
	Campogramma glaycos (Lacepède, 1801)	CAMPG	+	+		
Muraenesocidae	*Cynoponticus ferox*	CYNOF	+	+	+	+
Clupeidae	*Sardinella aurita (Valenciennes, 1847)*	SARDA	+	+	+	+
	*sardinella maderensis (*Lowe, 1838)	SARDM	+	+	+	+
Tetraodontidae	*Ephippion guttifer* (Bennett, 1831)	EPHIG		+	+	+
Serranidae	*Epinephelus aenus (*Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)	EPINA	+	+	+	
Gerreidae	*Eucinostomus melanopter* (Bleeker, 1863)	EUCIM	+	+		
Sphyraenidae	Sphyraena piscatorium	SPHYC			+	
Cichildae	*Limnochromus auritus* (Boulenger, 1901)	LIMNA				+
Merlucciidae	*Merluccius senegalensis (*Cadenat, 1950)	MERLS		+		+
Octopodidae	*Octopus vulgaris (Cuvier, 1797)*	OCTOV	+			
Haemulidae	*Plectorhinchus mediterraneus (*Guichenot, 1850)	PLECM	+	+		
	*Pomadasys rogerii (*Cuvier, 1830)	POMAR		+		
Mullidae	*Pseudopeneus prayensis (*Cuvier, 1829)	PSEUP	+		+	
Scorpaenidae	*Scorpaena notata* (Rafinesque, 1810)	SCORN		+		
Scombridae	*Scuomber japonicus (*Houttuyn, 1782)	SCUOJ	+	+		+
Trichiuridae	*Trichiurus lepturus (*Linnaeus, 1758)	TRICL	+	+	+	+
Zeidae	*Zeus faber (*Linnaeus, 1758)	ZEUSF	+			+

Comme indiqué dans le tableau 6, nous voyons que deux tendances se dégagent du point de vu similarité dans la composition spécifique pour les espèces des quatre familles au niveau des quatre zones. Une première similarité entre les zones d'Angleterre et Keruss qui sont peuplées uniquement et avec les mêmes proportions pour les espèces de la famille des Carangidae et celle des Clupeidae.

Les variations de l'indice de Shannon-Weaver au niveau des stations sont étroitement liées à la variation de la richesse spécifique du peuplement de poissons. Considérant, la station Eglise, la plus grande valeur identifiée pour cette station a été celle calculée en saison froide. Ce qui signifie que c'est durant cette période que la station Eglise a sa plus forte diversité ichtyologique. La plus faible valeur de l'indice de Shannon-Weaver a été obtenue durant la saison de transition chaude froide, mieux aux moments où le milieu est pauvre en diversité spécifique en poisson.

Tableau 6. Richesse spécifique des quatre principales familles

Familles	Nombre d'espèces	*Bunt-bi*	*Tank*	*Angleterre*	*Keruss*
Sparidae	4	3	2	0	0
Carangidae	4	3	3	2	2
Clupeidae	2	2	2	2	2
Haemulidae	2	1	2	0	0

Les résultats obtenus ont montré une différence énorme quant au sens de la variation des valeurs de l'indice de Shannon-Weaver d'une station à l'autre durant les quatre saisons hydrologiques de l'année 2014 au niveau de l'AMP de Joal-Fadiouth. Ainsi nous remarquons que l'allure de la courbe de la station Gaskel évolue en dent de scie. Mieux, d'une saison à la suivante, les variations de l'indice de Shannon change de signe. Durant la saison froide on note une ascendance de la courbe ce qui représente une augmentation de la biodiversité du peuplement de poissons. Le contraire est enregistré à la période de transition F-CH. Pour le cas de la station Eglise, sa courbe de la diversité est décroissante ; mieux c'est en saison froide que la station a enregistré sa plus forte diversité pour tendre progressivement vers une mono spécificité. Notons qu'au niveau de la station Mbar Assane, de légères variations témoignant d'une petite augmentation de la diversité spécifique sont notées.

De manière générale, au niveau de l'AMP, nous constatons qu'entre la saison fraiche (SF) et la saison de transition fraiche-chaude (SF-CH), la courbe est descendante ce qui signifie qu'il y a une diminution de sa diversité ; au niveau des intervalles de transition nous remarquons le phénomène inverse ; donc il y a enrichissement de la diversité ichtyologique au niveau de cette station. Entre les SCH et SCH-F nous notons un appauvrissement en espèces qui se manifeste ici par une courbe descendante à ce niveau.

3.2.2.2 LES TRAITEMENTS STATISTIQUES : ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES

L'analyse factorielle des correspondances réalisée sur la répartition des espèces dominantes de l'AMP suivant les quatre saisons hydrologiques a permis de constater que quatre tendances se dégagent suivant le degré d'affinité des espèces aux différentes saisons. Ce qui nous permet de voir pour chaque espèce dominante, les saisons durant lesquelles elle est plus abondante.

En saison froide nous avons les plus importantes présences pour les espèces *Gerres melanopterus (GERM), Ephyppion guttiffer (EPHG), Albula vulpes (ALBV) et Pseudopaneus prayensis (PSEP).*

En saison de transition chaude froide, la quasi-totalité de la biomasse des individus capturés appartiennent à l'espèce *Ilishia africana* (*ILISA)* avec un pourcentage de 84,9% et c'est durant cette saison que l'espèce est pratiquement rencontrée dans l'AMP, ce qui témoigne de forte affinité entre l'espèce et la saison qui est bien illustrée par la figure 4.

La saison chaudes et celle de transition froide-chaude présentent la même configuration du point de vue affinité pour les espèces *Liza dumerili* (LIZD) et *Ethmalosa fimbriata* (EMLF). Toutes ces deux espèces sont plus présentes dans l'AMP de Joal-Fadiouth durant ces deux saisons.

Au-delà du caractère d'affinité évoqué ici, on constate que parmi les dix espèces dominantes considérées dans le cadre de cette analyse factorielle des correspondances, deux espèces ont la particularité d'être présentes en pourcentage presque invariable, donc non influencé par une saison (Figure 5). Il s'agit de *Oreochromus guineensis* (*ORES*) et *Mugil cephalus* (*MUGC*).

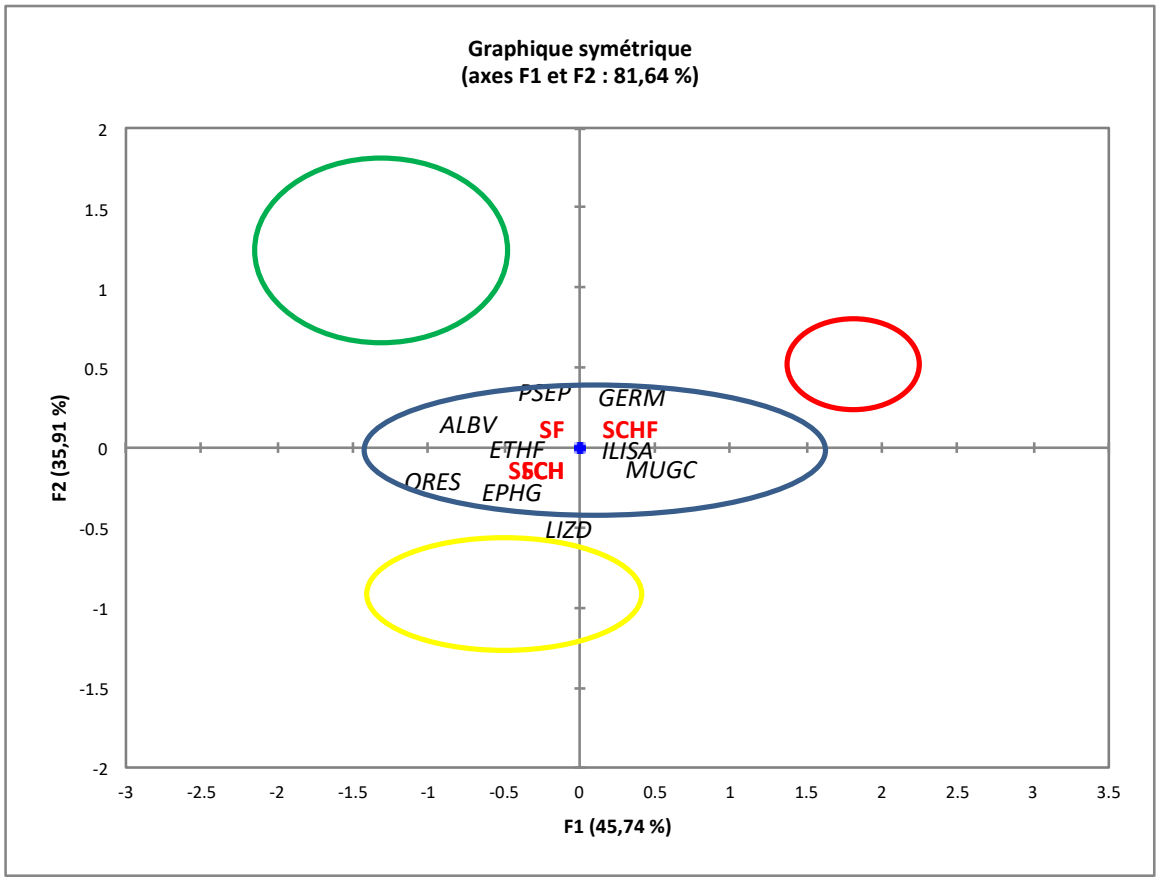


Fig. 5. Analyse factorielle des correspondances pour montrer le degré d'affinité des espèces en fonction des saisons

● Saisons ●espèces

4 DISCUSSIONS

Il convient de mentionner qu'en raison du caractère fastidieux de la méthode, nous avons jugé nécessaire d'ignorer certaines rubriques énumérées au niveau de la méthodologie. Ce sont le type d'engin de pêche, la taille et le poids des poissons. Dans le souci de respecter les rubriques qui constituent une campagne, c'est-à-dire les 4 saisons, nous avons utilisé les données de 2014 et 2015 pour une meilleure couverture spatio-temporelle des pêches expérimentales.

La confrontation des résultats de 2014, aux données des travaux de 2015 révèle une diminution du nombre d'espèces de poissons qui peuplent l'AMP. Celui-ci est passé de 70 en 2014 à 54 en 2015 (tableaux 3 et 5). Mais cette diminution pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs. D'abord, les données de 2014 ont été collectées sur une période de 12 mois contrairement à nos travaux réalisés sur une durée de 9 mois. Il convient de rappeler que les résultats obtenus en 2015 ne reflètent pas les conditions hydro climatiques qui ont régné durant la période des pêches expérimentales, à savoir les différentes saisons. En effet, pendant les SF et SF-CH, l'AMP ne reçoit pas d'apport d'eaux naturelles (précipitations), donc elle reste soumise à augmentation du taux de salinités de ses eaux. Cette tendance pourrait interdire la présence de certaines espèces. Si l'on fait une comparaison de la SF de l'année 2014 avec celle de 2015, nous remarquons une légère diminution du nombre d'espèces de poissons qui peuplent l'AMP en 2015. Avec 48 espèces en 2014 contre 43 espèces à la même saison en 2015. Ensuite cette différence pourrait être due à l'effort de pêche ou à la turbidité de l'eau, à la différence entre les stations choisies. Et en fin cette différence pourrait s'expliquer par des phénomènes de migrations. La migration est la solution adoptée par un très grand nombre d'espèces quand les conditions physico-chimiques et biologiques sont défavorables [20]. Le trait commun de la plupart des espèces de la Zone Economique Exclusive (ZEE) sénégalaise est leur migration saisonnière nord-sud à travers les frontières des pays de la sous-région (espèces pélagiques), sous l'impulsion des facteurs environnementaux. Une autre caractéristique essentielle des principaux stocks de pélagiques côtiers est l'existence d'une fraction côtière comprenant des juvéniles et de jeunes reproducteurs, plus accessible aux engins de la pêche artisanale, et d'une fraction hauturière accessible à la pêche industrielle et migrant saisonnièrement dans les eaux mauritaniennes, sénégalaises, gambiennes et nord bissau-guinéennes

[7]. Dans le cadre d'une étude similaire menée par [16] au niveau de l'AMP de Cayar au Sénégal, 26 espèces de poissons sont décrites. Cette différence significative avec nos résultats s'explique par plusieurs raisons. Il a travaillé sur une période de 6 mois contrairement à notre étude qui a duré 2 ans. Nous avons constaté un inachèvement de la couverture spatio-temporelle des pêches expérimentales dans les travaux de [16]. Avec ce constat, nous supposons que le nombre d'espèces rencontrées dans son étude ne traduit pas de manière quasi exhaustive la richesse spécifique de l'AMP de Joal (tableau 3).

Dans tous les cas, le constat qui découle de cette analyse est que la diversité des poissons connait deux flux migratoires inverses : une entrée ou une apparition de nouvelles espèces en SF (*Acanthurus monroviae, Albula vulpes, Alutera punctata, Balistes punctatus, Boops boops, Caranx crysos, Cyrus alexandrinus, Echeneus naucrates, Ephippion lupei, Lophius vaillanti, Pomatomus saltatorix, Psettodes belcheri, Pteroscion peli, Scarus hoefleri, Scieana umbrina, Solea senegalensis, solea vulgaris, Spheoroides spengleri* et *Sphyraena barracuda*). et une sortie ou une disparition de certaines espèces parmi celles identifiées en SCH (*Ablennes hians, Diplodus cervinus, Diplodus senegalensis, Drepane africana, Ilisha africana, Polydactylus quadrifilis, Pomadasys incisus, Pseudotolithus elongatus, Pseudotolithus typus* et *Vomer alexandrinus.*

Au regard des traitements des données de l'année 2014, nous avons constaté que la diversité ichtyologique de l'AMP de Joal varie d'une saison à une autre. Cette fluctuation des espèces pourrait être expliquée par les conditions hydro climatique de l'écosystème de l'AMPJF, la turbidité de l'eau, la variation du taux de salinité de leur habitat, à l'instabilité des températures de leur cadre de vie…

L'analyse comparative des résultats de la diversité ichtyologique des différentes stations fait remarquer d'un côté, une différence de la richesse spécifique et/ou du nombre totale de poissons capturés entre les différentes stations (Figures 2, 3 et 4). Retenons que cette remarque n'influe pas directement sur le degré d'évolution de la diversité des poissons au sein des stations. Pour défendre cette hypothèse nous pouvons utiliser les résultats des stations Gaskel (52 espèces et 4595 individus) et Mbar Assane (27 espèces et 11872 individus). Précisons que la 1^{ere} bien qu'ayant le plus grand nombre d'individus capturés, a une diversité biologique relativement faible. Notons de l'autre côté que la diversité ichtyologique varie d'une station à une autre (Figure 5). Cette variation pourrait avoir plusieurs explications. Parmi ceux-ci l'on peut énumérer une distribution inégale des poissons dans les différentes stations échantillonnées, le type d'engin de pêche utilisé, l'existence ou l'absence d'herbier marin au niveau de la station concernée, les mœurs des poissons, la profondeur ou l'espèce évolue c'est-à-dire le niveau de prédilection de l'espèce. Elles peuvent avoir pour source d'importants apports d'eau douce enregistrée durant la saison humide. Cette hypothèse peut favoriser la réapparition de certaines espèces et même le flux migratoire de certaines espèces de poissons. Au regard de l'évolution tendancielle de la faune ichtyologique de l'AMP, il serait prétentieux de penser que la méthodologie d'échantillonnage utilisée a permis d'identifier toute la diversité biologique de l'AMPJF. Cela nous a amené à prendre en compte toutes les espèces concernées par les pêches expérimentales réalisées en 2015.

Cependant, nous pouvons d'ores et déjà affirmer qu'il existe une bonne richesse spécifique (nombre d'espèces présentes dans le milieu) de la population ichtyologique dans l'AMP (tableau 6). Retenons que, pour se prononcer sur l'évolution de la diversité biologique, nous avons eu recours aux études antérieures effectuées dans d'autres AMP. Ceux-ci révèlent des ressemblances et des dissemblances avec nos résultats. Si l'on s'intéresse au mode d'occupation de l'espace par les espèces, les résultats de l'inventaire de l'AMP de Cayar (AMPC) publiés par [16] indiquent des écarts de richesse spécifique entre l'AMPC (tableau 5) et AMPJF avec 26 espèces et 18 familles pour le 1er contre 70 espèces et 38 familles. Les similitudes notées par [16] semblent confirmer l'hypothèse de la diversité des poissons de l'AMP qui varie d'une saison à une autre. Toutefois, avec la différence notée sur les types d'engins de pêche utilisés dans le cadre de ces deux études, on pourrait d'emblée lier ce résultat à la sélectivité du matériel utilisé. Etant entendu que la richesse spécifique est une fonction croissante de l'effort d'échantillonnage [22] et [23]). Autrement dit, la probabilité de capturer une espèce supplémentaire augmente avec la surface de la zone explorée, le type d'engin utilisé avec le nombre de prélèvements effectués. Or l'état de référence de ichtyofaune de l'aire marine protégée de Cayar résulte d'échantillonnages réalisés sur des stations bien identifiées par d'anciens pêcheurs avec une senne de plage qui est un filet de près de 300 - 500 m de long, avec un maillage très fin (12 mm environ de maille étirée), une chute de l'ordre de 20 - 30 m, des flotteurs et deux longs filins.

Par contre, avec ce protocole d'échantillonnage mis en place dans notre étude, l'essentiel des espèces considérées comme les plus caractéristiques de l'aire marine protégée de Joal ont été pêchées. Les différences (disparition, raréfaction ou apparition d'espèces) seraient révélatrices d'une modification de la qualité de l'environnement au sens large, y compris celui du changement climatique global. En effet, il est par ailleurs admis que le principal critère discriminant de la répartition et de la dynamique de certaines espèces est la température [24]). Un suivi régulier des communautés ichtyologiques et des paramètres environnementaux (température, pH, turbidité, salinité, oxygène dissout et chlorophylle) de l'aire marine protégée de Joal apparaît donc comme primordial [25]. Il permet d'avoir une idée sur les variations de la richesse spécifique au fil du temps et de prévoir l'impact futur de ce phénomène remarquable, induisant des changements profonds à l'échelle du fonctionnement écologique des écosystèmes de l'AMP.

L'analyse de la richesse spécifique par zone sur une période de douze mois (année 2013) a montré que, malgré quelques différences notées sur leurs caractéristiques (habitat et profondeurs), la richesse spécifique varie dans le même sens pour l'ensemble des zones. Dans les quatre zones étudiées, une augmentation a été notée durant la saison froide (janvier à mars), suivi d'une réduction progressive pendant la saison de réchauffement (avril à juin) jusqu'à la fin de la saison chaude (juillet à septembre). Une seconde phase d'augmentation s'est produite durant la période de refroidissement (octobre à décembre) (Ndiaye, 2014) [16]. Notons que la seconde phase d'augmentation mentionnée par [26] est en désaccord avec nos résultats. Cette disparité pourrait s'expliquer par l'effort de pêche, de la méthodologie d'échantillonnage, par la nature du fond marin différence, par une différence de salinité, par le matériel de prélèvement et même par les objectifs.

Au regard des résultats de la richesse spécifique de l'AMP Bamboung (AMPB) réalisés par [13], il nous semble qu'il confirme nos résultats, car s'élevant à 65 espèces, un nombre qui se rapproche des 70 espèces recensées dans AMPJF. En s'intéressant aux variations des valeurs de l'indice de Shannon-Weaver, on constate une tendance annuelle qui révèle des disparités entre les différentes stations. Retenons que sur l'ensemble des quatre zones échantillonnées par, [16] et [26], l'indice de Shannon varie en moyenne entre 0,18 et 2,06 avec des valeurs extrêmes atteignant 3,21 (valeur maximale) et 0,31 au niveau de la zone de Tank. Toutefois, nos résultats semblent avoir d'une part des similitudes avec ceux de [16], en ayant des valeurs moyennes de l'indice de Shannon qui varie entre 0,944 et 2,104. D'autre part, ils semblent le contredire en ayant des valeurs extrêmes atteignant : maximale 2,866 et minimale 0,479. Cette dernière hypothèse pourrait s'expliquer par une différence d'herbier marin, de peuplement, de saisons.

5 CONCLUSION

Cette contribution a permis d'actualiser la liste de la faune ichtyologique de l'AMPJF et d'avoir une idée sur sa répartition spatiale et temporelle. Elle a été réalisée durant une période de trois mois. Les résultats de ce recensement, cumulés à ceux de 2014 ont révélé 88 espèces, qui se répartissent en 71genres appartenant à 42 familles. Les espèces qui se sont ajoutées à la liste de 2014 sont: *Serranus scriba, Lichia vadizo, Tilapia guineensis, Sardinella eba, Remora remora, Gerres nigri, Gymnura altavela, Pomadasys silium, Liza grandisquamis, Mugil bananeis, Polydactylus sp, Rhinobatos rhinobatos, Camprogama glaycos, Diplodus vulgarus, Pagellus sp, Pagrus ehrembergi et Torpedo nobiliana.* Les trois (03) espèces les plus abondantes dans cette AMP sont : *Arius africanus, Ethmalosa fimbriata, llisha africana.* Tandis que les espèces : *Argyrosomus regius, Boops boops, Camprogama glaycos, Dipturus leavis, Echeneis naucrates* y sont rare. Au-delà de ces résultats, il a été noté une fluctuation des populations de poissons dans le temps et dans l'espace avec parfois de grandes variations qui sont surtout dues aux facteurs écologiques (biotiques et abiotiques). L'analyse de la distribution spatiale a révélé que l'époque (la saison) et les pressions anthropiques influencent fortement la distribution de la faune ichtyologique de L'AMPJF.

REMERCIEMENTS

Les auteurs adressent leurs remerciements à la Direction des Aires Marines Protégées Communautaires du Sénégal, les agents de l'AMP de Joal-Fadiouth et les personnes enquêtées.

REFERENCES

[1] I. Thiaw, Rôles de la participation dans le processus de mise en place de l'aire marine protégée de Joal-Fadiouth-Ngazobil et de la congestion » Mémoire de fin d'études, Université de Thiès, pp: 05- 15, 2007.

[2] Y.B.A. Badiane, Contraintes de mise en œuvre d'Aires Marines Protégées (AMP) dans les Zones de Pêche Artisanale : le Cas de Joal-Fadiouth (Sénégal) mémoire de DEA en Sciences de l'Environnement, Université Cheikh Anta Diop, Sénégal, 85p, 2010.

[3] G. Seck, 2012, Veille écologique et gestion des pêcheurs au Sénégal, GREEN Info n°3, p.12, 2012.

[4] J.L. Kaly, Contribution à l'étude de l'écosystème de la mangrove de la petite côte et de reboisement. UCAD, FLHS, 3e cycle, Dakar, pp:16-17, 2001.

[5] O. Sarr, Aire Marine Protégée, gestion halieutique, diversification et développement local de la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum (Sénégal), Thèse de Doctorat de l'école Doctorale des sciences de la Mer, Université de Bretagne, p. 245, 2005

[6] D. Gascuel, M. Laurans, A. Sidibé et M.D. Barry, Diagnostic comparatif de l'état des stocks et évolutions d'abondance des ressources démersales dans les pays de la CSRP. In *Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest: un demi-siècle de changement. Coll. Rap. Actes du Symposium international, Dakar*, pp. 205-222, 2002.

[7] M. Thiaw, D. Gascuel, D. Thiao, O.T. Thiaw et D. Jouffre, Analysing environmental and fishing effects on a short-lived species stock: the dynamics of the octopus *Octopus vulgaris* population in Senegalese waters. *African Journal of Marine Science*, 33, 209-222, 2011. doi: 10.2989/1814232X.2011.600288

[8] D. Thiao, C. Chaboud, A. Samba, F. Laloë et P.M. Cury, Economic dimension of the collapse of the 'false cod' *Epinephelus aeneus* in a context of ineffective management of the small-scale fisheries in Senegal. *African Journal of Marine Science*, 34, 305-311, 2012. doi: 10.2989/1814232X.2012.725278

[9] W.M. Ndiaye, K. Thiaw, P. Diouf, P. Ndiaye, O.T Thiaw et J. Panfili, Changes in population structure of the white grouper Epinephelus aeneus as a result of long-term overexploitation in Senegalese waters. *African Journal of Marine Science*, 35, 465-472, 2013. doi: 10.2989/1814232x.2013.847495

[10] D. Al-Abdulrazzak et S.C. Trombulak, Classifying levels of protection in Marine Protected Areas. Marine policy 36, 576-582, 2012.

[11] J.J. Albaret, , Caractérisation de l'état de référence des peuplements de poissons d'une aire protégée en zone de mangrove : le bolon de Bamboung (Sine Saloum, Sénégal).Rapport de convention Narou Heuleuk/ AFD/ IRD, Dakar, p. 50, 2003.

[12] S.J. Lamberth, J.K. Turpie, The Role of Estuaries in South African Fisheries: Economic Importance and Management Implications. African Journal of Marine Science, 25, 131–157, 2003.

[13] J.J. Albaret, M. Simier et O. Sadio, Suivi biologique des peuplements de poissons d'une aire protégée en zone de mangrove : le bolon de Bamboung (Sine Saloum, Sénégal). Rapport final. Rapport de convention Narou Heuleuk/ AFD/ IRD, Dakar, p.80, 2005.

[14] M.C. Trouilhé, Etude biotique et abiotique de l'habitat préférentiel de l'écrevisse à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes*) dans l'ouest de la France. Implications pour sa gestion et sa conservation, Thèse de Doctorat. Ecologie des Systèmes Aquatiques Continentaux. Université de Poitiers, p. 260, 2002.

[15] M. Fall, Pêcherie démersale côtière au Sénégal: essai de modélisation de la dynamique de l'exploitation des stocks. Doctoral dissertation, Université de Montpellier 2, Montpellier, p. 231, 2009.

[16] M. Ndiaye, Biodiversité et structures bioecologiques de la faune ichtyologique de l'aire marine protégée de Cayar(Sénégal), pp : 32 -56, 2014.

[17] C.E. Shannon et W. Weaver, The mathematical theory of communication. University Illinois Press, Urbana, 1963.

[18] J.M. Gobat, M. Aragno et W. Matthey, Le sol vivant : bases de pédologie, biologie des sols. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 2010.

[19] J. Lobry, L. Mourand, E. Rochard and P. Elie, , Structure of the Gironde estuarine fish assemblages : a European estuaries comparison perspective, Aquatic Living Resources, vol. 16, n° 2, p. 47-58, 2003a.

[20] J.J. Albaret, Les poissons, biologie et peuplements. In: J.R. Dufour P. Guira LD. et Zabi S.G.F. (Edits.). Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome II – Les milieux lagunaires, ORSTOM éditions Paris, Durand: pp. 239-279, 1994.

[21] P. Guibbaud, Pêche illicite : Quel avenir pour l'Afrique de l'Ouest ? Groupe de recherche et d'information sur la paix et la sécurité, p.16, 2012.

[22] S. Dallot, Sampling properties of biodiversity indices. Océanis, 24, 89-105, 1998.

[23] S. Frontier, L'échantillonnage de la diversité spécifique. In Stratégies d'échantillonnage en écologie, pp. 416-436. Masson-Les presses de l'université de Laval, Québec,1983.

[24] J. LOBRY, Quel référentiel de fonctionnement pour les écosystèmes estuariens ? Le cas des cortèges de poissons fréquentant l'estuaire de la Gironde, thèse de doctorat, université de Bordeaux I, Bordeaux, p.195, 2004.

[25] F.N. Diop, Mise en place d'une stratégie de bonne gouvernance des ressources marines et côtières dans un contexte transfrontalier : cas de l'Aire Marine Protégée de Saint-Louis au SENEGAL Éditions d'UNESCO : MAB, pp.10-16, 2013.

[26] B.A, Mbengue, Evaluation de l'efficacité bioécologique des aires marines protégées (AMP) : le cas de l'AMP de Joal-Fadiouth. Mémoire de fin d'études, Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, p.40, 2016.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1679-1689
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Variation spatiale et temporelle de la salinité des eaux souterraines dans la région nord et ouest de l'aquifère Sine-Gambie (Sénégal)

[Spatial and Temporal Variation of groundwater Salinity in the Northern and Western Region in the Sine-Gambie aquifer (Senegal)]

Seyni NDOYE[1], Moumtaz RAZACK[2], and Cheikh Bécaye GAYE[3]

[1]Université Cheikh Anta Diop, Ecole Supérieure Polytechnique, Département de Génie Civil, BP 5085 Dakar Fann, Sénégal

[2]Université de Poitiers, Département d'hydrogéologie, UMR 7285, 5 Rue Albert Turpain, B8 TSA 51106, 86073 Poitiers Cedex 9, France

[3]Université Cheikh Anta Diop, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie, BP 5005 Dakar Fann, Sénégal

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

ABSTRACT: This study intends to see the temporal and spatial evolution of groundwater salinization at the northern and western zone of the CT aquifer in the Sine-Gambie region (Senegal). To do this, a hydrochemical study was conducted in 2015 and compared with previous studies (2000 and 2012). This study is essentially based on the two parameters, electrical conductivity and chloride content. The results obtained show that the evolution of salinity observed in these areas is explained by a contamination of the groundwater by the waters from the Saloum River and the sea. The comparison of groundwater electrical conductivity maps showed a salinity increase between 2000 and 2015; with a salinization phenomenon which increases toward inland in phase with chloride levels that doubled in some wells. The study also shows that several calcium bicarbonate facies have evolved to calcium chloride facies, and calcium chloride facies to chloride sodium facies.

KEYWORDS: Evolution, conductivity, chloride, aquifer, Saloum, Salinization.

RESUME: Cette étude se propose de voir l'évolution temporelle et spatiale de la salinisation des eaux souterraines au niveau de la zone bordière nord et ouest de la nappe du CT de la région Sine-Gambie (Sénégal). Pour ce faire, une étude hydrochimique a été réalisée en 2015 et comparée avec des études précédentes (2000 et 2012). Cette étude repose pour l'essentiel sur les deux paramètres que sont la conductivité électrique et la teneur en chlorure. Les résultats obtenus montrent que l'évolution de la salinité observée au niveau de ces zones est expliquée par une contamination de la nappe par les eaux du fleuve Saloum et de la mer. La comparaison des cartes de conductivités électriques de l'eau souterraine a montré une augmentation de la salinité entre 2000 et 2015 avec un phénomène de salinisation qui s'accentue vers l'intérieur des terres en phase avec des teneurs en chlorure qui ont doublé dans certains puits. L'étude montre également que plusieurs faciès bicarbonatés calciques ont évolué vers des faciès chlorurés calciques et des faciès chlorurés calciques vers des faciès chlorurés sodiques.

MOTS-CLEFS: Evolution, conductivité, chlorure, aquifère, Saloum, Salinisation.

1 INTRODUCTION

Pour les pays côtiers comme le Sénégal, plus de 60 % de la population de même que 80 % de l'activité industrielle et une part très importante de l'activité économique sont présentes dans les zones côtières [1]. Ainsi sur les 700 Km de littoral du

pays, les ressources en eau, soumises à une répartition spatiale et saisonnière très déséquilibrées, représentent un enjeu capital. Cette ressource qui était jadis de bonne qualité, se trouve actuellement menacée par diverses sources de contamination ponctuelles et diffuses en région côtière.

Dans la zone du Saloum, région Centre Ouest du Sénégal, les besoins en eau sont assurés essentiellement par l'exploitation d'une nappe souterraine, associée aux formations sablo argileuses du Continental Terminal [2], [3], [4], [5]. Cette zone estuarienne et deltaïque est caractérisée par les remontées d'eau marine dans les systèmes fluviaux qui peuvent atteindre des dizaines de kilomètres à l'intérieur des terres [1]. Dans le système du Saloum où la nappe libre est en contact aussi bien avec l'océan et les eaux hyper salées du fleuve Saloum [6], ces phénomènes sont particulièrement prépondérants d'où sa grande vulnérabilité. Une salinisation partielle ou totale d'un milieu poreux conduit à une pollution de l'eau douce et qu'il serait généralement difficile de faire disparaître [7], [8]. Et, à l'échelle de plusieurs décennies, des travaux et études d'impact ont montré qu'une telle situation devient quasiment irréversible [9].

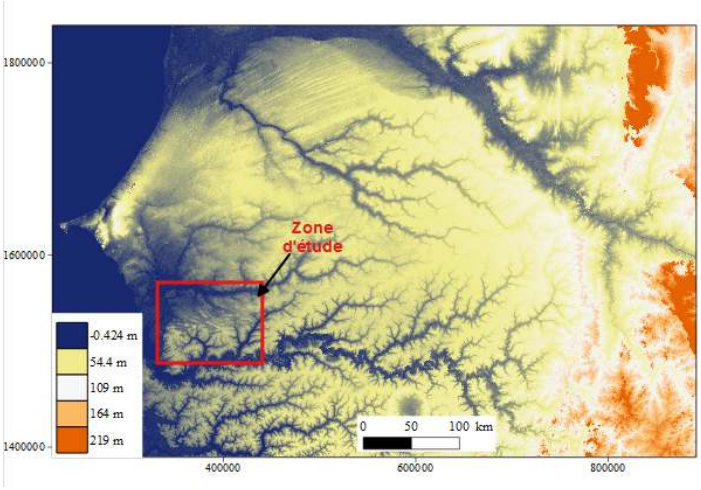
Il serait judicieux de connaître et d'assurer une surveillance de la qualité de cette ressource. Cette étude a pour but donc d'évaluer la variation spatio-temporelle de la qualité physico-chimique des eaux de la nappe du Saloum sur les zones bordières au nord avec le fleuve Saloum hypersalé et à l'ouest avec la présence de l'océan afin de mieux apprécier la pollution saline dans ces secteurs. Cette étude s'est basée sur différentes méthodes hydrochimiques et des techniques de cartographie.

2 DESCRIPTION DU SECTEUR D'ETUDE

2.1 CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE

La zone d'étude, représentée par la région comprise entre le fleuve Saloum et la Gambie, est située au centre Ouest du Sénégal entre 13°35 à 14°10 de latitude Nord et 15°40 à 16°30 de longitude Ouest. Elle est composée de communes appartenant à la région de Fatick et de Kaolack, et s'étend sur une superficie de 5000 Km^2 environ (figure 1).

Le climat est de type soudano-sahélien, avec une pluviométrie interannuelle allant de 600 à 800mm. Elle est caractérisée par deux saisons, une pluvieuse de 3 à 4 mois et l'autre sèche d'environ 7 à 9 mois de novembre à juin. La température moyenne mensuelle mesurée à la station de Kaolack au cours de la période 1950-2016 varie de 25,6 °C en janvier à 30,9 °C au mois de mai. L'humidité relative (Hr) tourne au tour d'une moyenne de 56% pour la période de 1981 à 2016 et peut atteindre une valeur maximale de 96 %. Le couvert végétal est caractérisé par une savane arborée avec prédominance des épineux accompagnés d'espèces ligneuses, sous ligneuses et d'un tapis herbacé.



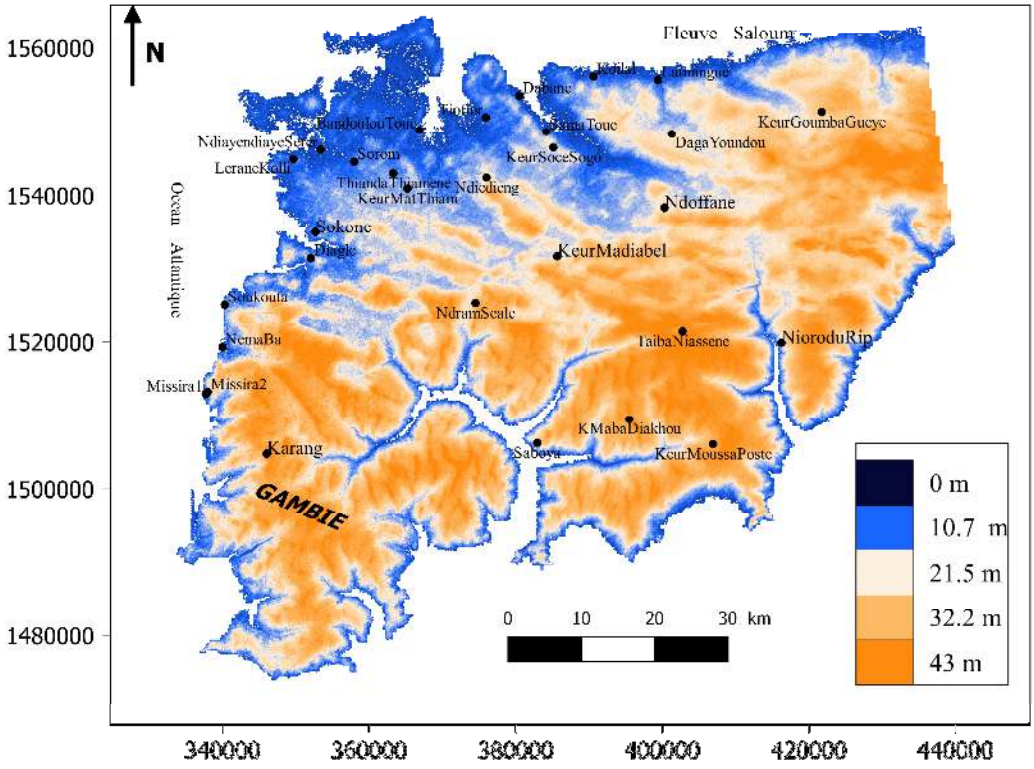


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

2.2 CADRE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

La géologie de la zone d'étude s'identifie à celle du bassin sédimentaire sénégalo-mauritanien représenté par des formations d'âge mésocénozoique. La formation géologique qui nous intéresse dans cette étude au niveau de la région du Saloum est celle du Continental Terminal (CT) caractérisée par une succession de sables, de sables argileux et d'argiles. Le CT est caractérisé par des variations latérales et verticales de faciès, passant à des matériaux plus ou moins argileux ou plus ou moins latéritiques [2] à des grès hétérométriques, argileux et bariolés, parfois cimentés par de la calcite micritique [10]. Dans les grès cuirassés, le ciment est constitué d'oxy-hydroxydes de fer, généralement de la goethite, plus rarement de l'hématite qui épigénise les minéraux argileux [11], [12] essentiellement kaolinique. Le CT, dans cette zone, est un dépôt marin détritique qui a été affecté par une altération continentale [10].

Du point de vue hydrogéologique, sur ce bassin, sont dénombrés deux principaux aquifères ; l'aquifère salée du Maastrichtien et celui du CT. Ce dernier contient la nappe la plus importante. Dans cette nappe, l'eau s'y trouve à des profondeurs croissantes de l'Ouest vers l'Est. L'épaisseur varie d'une dizaine de mètres sur sa limite Nord à 80 m au droit

d'anciennes vallées creusées dans le substratum. Cette puissance est souvent importante pouvant atteindre 130 m comme à Keur Madiabel (figure 2) [13]. Cet aquifère est principalement alimenté par les eaux de pluie depuis la surface. Son exploitation se fait par des puits de profondeurs variables (5 à 45 m) et par des forages.

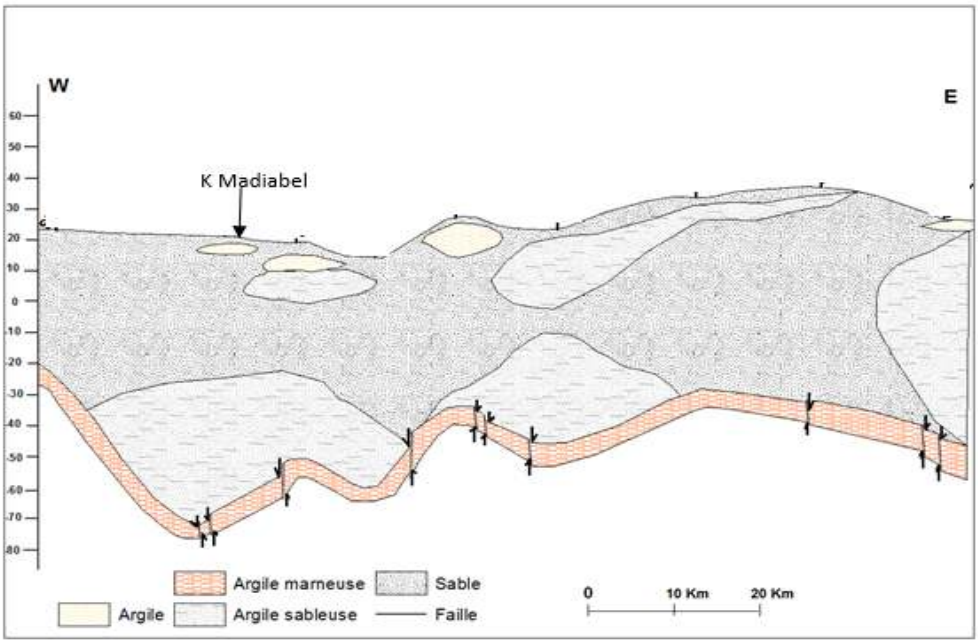


Fig. 2. Coupe géologique de la zone d'Ouest vers l'Est passant par K. Madiabel [13].

3 MATERIELS ET METHODES

Cinquante échantillons d'eau ont été prélevés au niveau de la zone d'étude dont vingt échantillons dans des ouvrages rencontrés dans des localités se trouvant dans les environs du Fleuve Saloum et du littoral en avril 2015. L'ensemble des prélèvements a fait l'objet d'analyses physico-chimiques. Les paramètres chimiques et physiques tels que température, pH, conductivité électrique, alcalinité ont été mesurés sur le terrain au moment du prélèvement. Les analyses chimiques (Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+ et K^+) ont été effectuées au laboratoire Hydrogéologie, Argile, Sol et Altérations (HydrASA), équipe E_2 de l'Institut de Chimie des Milieux et Matériaux de Poitiers (IC_2MP) de l'Université de Poitiers (France). Le dosage de ces anions est fait par chromatographie ionique de type DIONEX ICS1000 et celui des cations par un spectromètre VARIAN d'absorption atomique en mode flamme.

Les résultats des analyses physico-chimiques (tableau 1) sur les eaux souterraines ont fait l'objet d'une étude comparative avec des données existantes sur ces mêmes ouvrages en avril 2000 [14], [4] et mai 2012 [15]. Le traitement des données a nécessité l'utilisation de logiciels tels que Diagramme, Surfer, Grass GIS, QGIS pour la cartographie et l'analyse de l'évolution de la salinité.

4 RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'étude de la variation spatio-temporelle de la salinité est faite avec l'utilisation des ions majeurs tels que Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, HCO_3^-, SO_4^{2-}, Cl^- et de la conductivité électrique (CE). L'utilisation des ions majeurs nous permet de déterminer les différents faciès et de voir leur évolution spatiale et temporelle. Cette étude repose pour l'essentiel sur les deux paramètres que sont la conductivité électrique et la teneur en chlorure. Le paramètre conductivité, qui renseigne sur la salinité est considéré comme le meilleur traceur d'une intrusion saline. L'ion chlorure (Cl) est considéré comme l'un des marqueurs les plus conservatifs dans les environnements aqueux naturels ; il ne participe pas aux réactions d'oxydo-réduction, ni ne forme de précipités insolubles [16].

La comparaison des cartes de salinité de 2000, 2012 et 2015 montre la même morphologie, mais avec une augmentation dans le temps de la CE dans la partie longeant le littoral et celle longeant le fleuve Saloum. L'accroissement de la conductivité

est naturellement dirigé vers les environs salés et présente un net resserrement des courbes d'isolateurs sur les deux derniers kilomètres de ces zones (Figure 3).

Du côté de la mer, au niveau des ouvrages les plus affectés, les conductivités ont presque doublé entre 2000 et 2015 passants de 4000 µ S.cm^{-1} à 9000 µS.cm^{-1} (puits Soukouta). Vers le Nord, cette augmentation est moins marquée avec une augmentation de 500 µS.cm^{-1} sur les 15 dernières années et ceci pour les ouvrages les plus proches du fleuve Saloum (9, 32, 34). La comparaison des cartes montre une avancée de l'isovaleur 500 à l'intérieur des terres surtout dans le secteur Sud-ouest (ouvrage 19 et 23), tandis qu'au Nord l'isovaleur 500 atteint aujourd'hui la partie centrale de la région, où l'eau avait en 2000 une conductivité de moins de 250 µS.cm^{-1} (figure 3).

Le suivi de l'évolution de la salinité des eaux souterraines au sein de l'aquifère côtier est aussi fait en utilisant les teneurs en chlorure au niveau des ouvrages se trouvant le long de la ligne de côte (figure 4) et d'autres perpendiculaires à cette même ligne (tableau 1). Ceci va permettre d'une part de suivre l'avancée du biseau salé par rapport à l'exutoire et d'autre part d'évaluer l'ampleur de la pénétration du biseau à l'intérieur des terres.

Tableau 1. Résultats des analyses chimiques des eaux de la nappe en avril 2015 (concentration en mg/l)

N°	Nom	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	HCO_3^{-}	Cl-	SO_4^{2-}	NO_3^{-}	pH	T°C	CE (µS/cm)	TDS (mg/l)
1	Koumbal	15,058	3,026	50,940	1,092	30,5	59,55	1,22	45,00	7,5	28,70	413,0	206,00
2	Sikatoroum	38,675	6,553	8,525	5,311	146,4	24,63	1,95	0,00	6,9	29,70	365,0	232,00
3	Some	24,477	2,147	17,847	4,571	91,5	12,90	3,72	1,29	7,4	29,50	318,0	158,00
4	Touba Darou camp,	81,864	2,712	10,684	1,160	274,5	40,51	2,34	0,00	7,3	30,17	589,0	414,00
5	Ndobene	6,628	1,343	22,631	0,574	15,25	42,59	0,00	0,00	6,9	31,10	199,0	89,00
6	Daga Youndou	17,965	1,619	14,276	0,357	59	36,63	0,00	0,00	6,4	29,70	230,0	130,00
7	Latmingué	90,276	13,946	60,879	109,798	241	280,04	49,46	3,73	7,6	27,90	1530,0	849,00
8	Keur Mamour Lo	21,418	0,648	5,645	0,076	22,35	43,88	1,38	1,33	6,2	27,60	309,0	97,00
9	Koilal	69,767	57,358	1150,744	3,120	23,79	1844,87	64,53	25,88	5,5	28,70	2940,0	3240,00
10	Ndramé Scale	19,492	0,415	8,080	1,222	60,98	7,24	0,00	0,00	5,4	31,90	75,8	98,00
11	Ndramé Ibra	4,419	2,592	42,177	1,332	6,1	39,29	0,00	52,01	6,5	27,90	314,0	148,00
12	Diaglé	14,621	4,034	81,599	2,549	10,98	138,27	30,51	0,00	6,0	28,60	897,0	283,00
13	Soukouta	558,140	217,736	1297,103	28,861	298,9	2926,76	0,00	40,50	7,5	27,80	9000,0	5368,00
14	Néma Ba	100,069	24,282	157,314	85,785	1,22	291,07	434,57	0,00	3,6	29,10	1770,0	1100,00
15	Missira 1	107,724	12,906	85,016	35,303	103,7	241,49	97,33	11,40	7,1	26,90	1700,0	695,00
16	Missira2	4,861	0,463	9,117	0,182	24,4	11,25	1,26	0,00	6,7	28,00	96,3	52,00
17	Néma Nding	20,339	6,210	58,065	2,580	1,52	110,31	0,00	26,70	4,5	27,1	667,0	226,00
18	Dassilamé Socé	2,635	0,234	6,041	0,789	18,3	4,48	0,74	0,00	5,9	29,20	70,9	33,00
19	Karang	58,783	13,219	88,364	1,290	170,5	118,55	0,00	44,62	7,6	31,10	1040,0	495,00
20	Sirmang	0,516	0,006	5,599	0,000	10,98	4,87	0,00	0,00	6,0	30,00	47,3	22,00
21	keur Samba Gueye	1,764	0,790	9,359	0,190	12,2	8,66	0,00	1,47	7,2	29,70	163,0	44,00
22	keur Seyni Guèye	22,034	20,224	98,562	2,150	0,915	142,95	0,00	110,93	3,7	28,90	1210,0	402,00
23	Keur Momar Sokhna	7,674	0,291	16,562	0,218	10,98	3,74	5,58	35,50	5,7	29,30	156,0	81,00
24	Bambadalo Thiakho	0,770	3,395	21,394	1,980	9,1	23,46	0,00	25,66	5,6	28,50	222,0	86,00
25	keur Lahine Fatim	3,605	0,287	30,033	0,323	17,03	16,55	0,34	31,68	5,8	27,50	219,0	100,00
26	Nioro Alassane Tall	39,484	6,751	6,809	0,486	143,35	4,23	1,89	0,00	7,9	27,00	438,0	203,00
27	Keur Saloum Diané	0,300	0,400	5,610	0,781	6,1	5,35	0,34	0,00	5,2	27,50	47,1	19,00
28	Lamaram Badiane	66,414	1,866	9,317	7,910	140,3	76,88	2,60	3,38	7,1	27,50	762,0	309,00
29	Ndiagne	17,035	3,275	16,860	0,827	68,625	29,63	2,52	0,00	6,9	26,40	259,0	139,00
30	Ndiakhate	10,897	0,733	4,945	1,535	36,6	8,51	1,08	0,00	7,8	32,80	145,0	64,00
31	Sama Toucouleur	52,442	8,913	23,790	2,231	231,8	53,29	2,39	1,46	7,1	30,70	652,0	376,00
32	Dabane Galadio	98,690	37,233	665,761	2,644	27,45	1303,78	142,75	0,00	6,5	28,30	3570,0	2278,00
33	Tiofior	18,828	2,140	65,489	2,300	3,66	161,27	2,63	1,83	4,9	27,50	689,0	258,00
34	Bandoulou Touc,	235,172	20,516	326,708	7,295	55,4	1107,70	16,31	0,00	7,2	29,30	3290,0	1769,00
35	Tallène	11,525	1,212	11,079	0,630	32,025	23,73	1,08	0,00	6,1	30,10	172,0	81,00
36	Lérane Kolli	26,483	2,801	14,441	2,743	83,875	40,51	2,39	1,23	6,8	28,00	356,0	174,00
37	Ndiaye ndiaye Sérère	86,345	4,537	45,675	7,168	1,83	288,94	4,22	0,00	5,1	28,90	940,0	439,00

38	Sorom1	11,310	2,933	97,477	2,656	3,66	163,57	4,61	3,47	5,6	30,00	820,0	290,00
39	Thianda Thiamène	100,828	5,621	103,960	5,288	43,55	251,18	6,35	40,67	6,1	29,30	1640,0	557,00
40	Keur Mat Thiam	2,267	0,123	29,186	0,225	30,86	23,69	0,00	1,05	6,0	28,60	190,0	87,00
41	Passi Diémoul	15,686	4,460	35,929	1,264	17,08	47,90	0,00	38,40	7,1	29,70	396,0	161,00
42	Keur Madiabel	36,966	3,721	82,453	1,393	65,575	200,74	12,34	0,00	6,5	29,60	850,0	403,00
43	Koular	6,483	2,397	16,130	20,451	13,42	61,61	2,43	1,63	6,4	28,40	385,0	125,00
44	Koutango	6,628	1,619	4,291	1,498	18,81	8,59	1,20	0,00	6,2	27,00	104,0	43,00
45	Keur Maba Diakhou	6,911	1,005	10,876	0,235	24,5	8,13	0,00	10,86	7,4	31,40	111,0	63,00
46	Keur Moussa Poste	3,690	0,951	6,413	0,470	18,3	5,75	0,00	0,00	5,9	32,20	69,5	36,00
47	Porokhane	4,651	1,857	10,070	0,172	10,355	17,36	0,00	1,27	5,5	31,00	131,0	46,00
48	Nioro du Rip	14,826	4,219	5,200	0,579	58	6,24	22,53	0,00	6,7	30,60	191,0	112,00
49	Paoskoto	80,759	2,836	9,911	0,395	222,65	9,14	8,11	0,00	7,8	32,30	398,0	334,00
50	Taiba Niassene	16,104	1,076	3,011	0,015	50,325	3,65	0,99	0,00	6,5	31,00	113,0	75,00

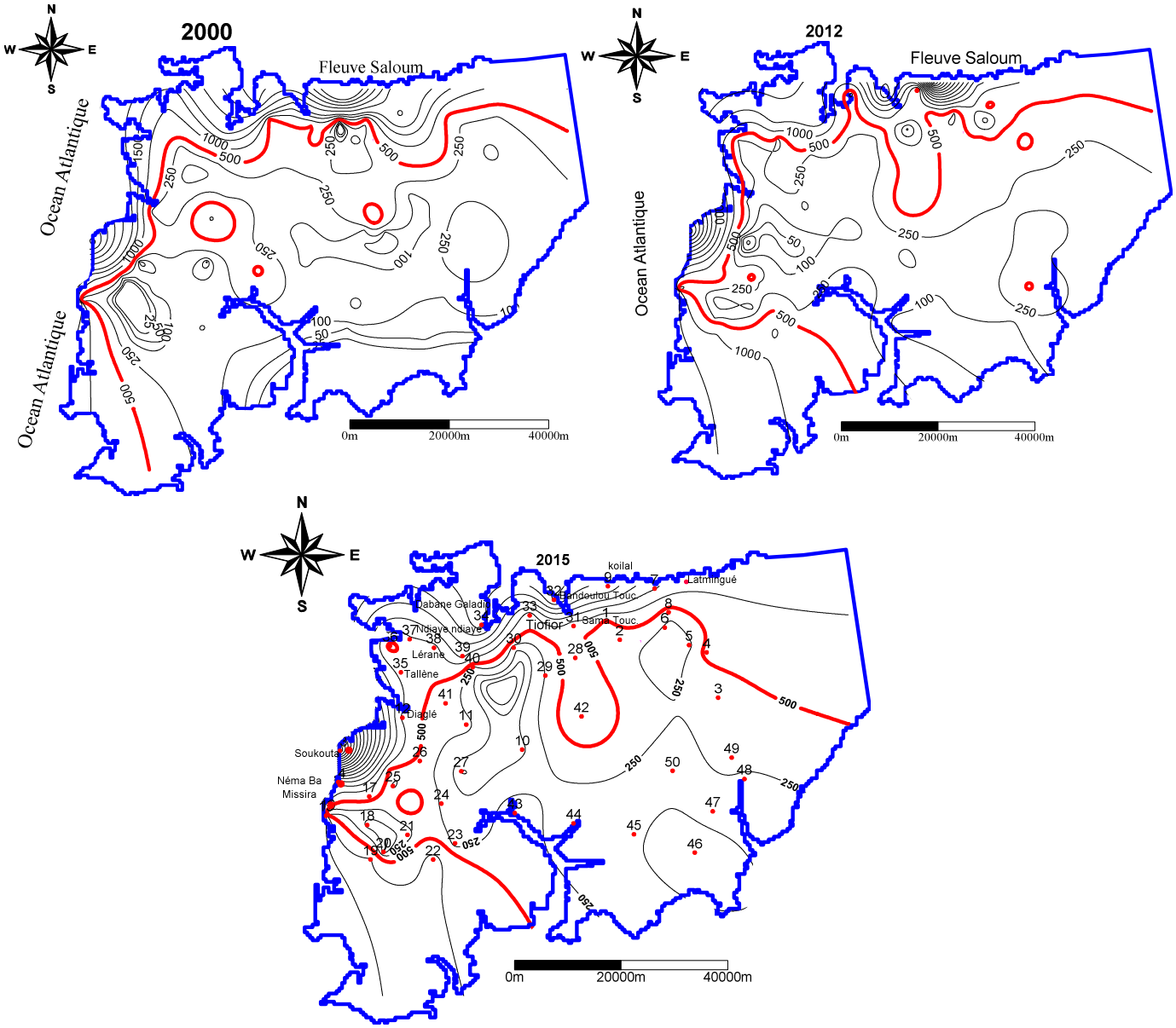


Fig. 3. Répartition spatiale de la conductivité électrique (µS.cm^{-1}) en avril 2000, mai 2012 et avril 2015.

L'analyse des teneurs en chlorure, un des constituants majeurs de l'eau de mer, bon *marqueur* de l'intrusion saline dans les nappes côtières [17], [18], [19], [20] montre que la nappe a enregistré au cours des quinze dernières années une augmentation de la salinité pour les points d'eau situés le long du littoral tout près de la mer et les points situés au Nord dans les environs du fleuve Saloum.

Dans la partie Nord-Ouest, les eaux de la nappe sont moins affectées par l'entrée de l'eau salée. Toutefois, bien qu'apparemment plus lente dans ce secteur, l'évolution de la concentration en chlorure croît régulièrement au cours des années. Ceci est plus manifeste sur l'ouvrage de Ndiaye Ndiaye (figure 4 A).

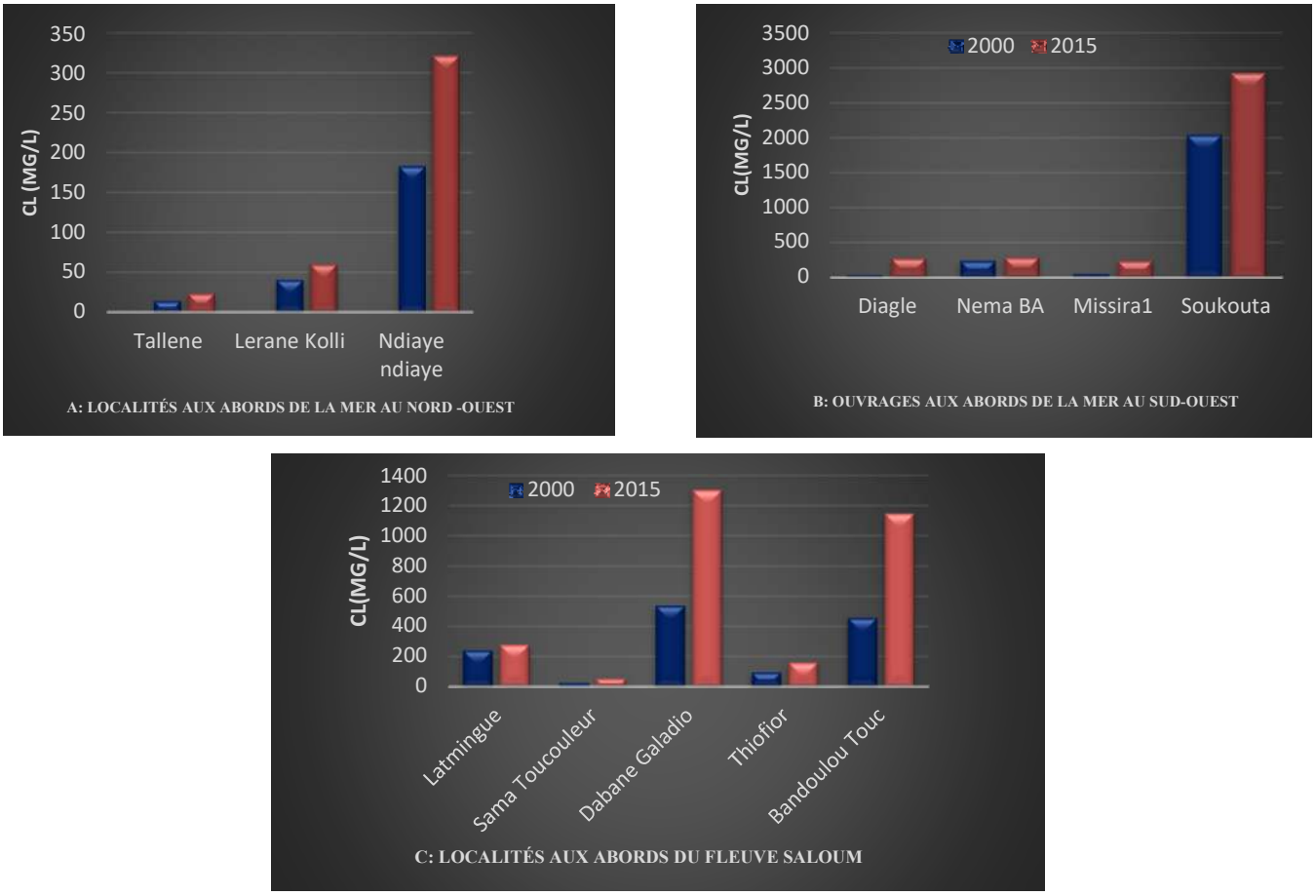


Fig. 4. Evolution des teneurs en chlorures au niveau des ouvrages sur une ligne parallèles à la côte

Les puits proches de la mer qui, dans les années 2000, présentaient des teneurs en chlorure inférieures à 50 mg/l (Diaglé (12) et Missira1(15)) montrent actuellement des valeurs de près 300 $mg.L^{-1}$ (figure 4 B). Pour la localité de Soukouta (13), l'augmentation est considérable et atteint 1000 $mg.L^{-1}$ de chlorure (figure 4 B). Aux abords du Saloum, l'ampleur est moindre que dans la partie Sud-Ouest, avec une augmentation d'environ 20% à Latmingué (7) et pour les localités voisines (Dabane Galadio (32), Thioffior (33) et Bandoulou (34)), la concentration en chlorure a dépassé même le double de celle obtenue en 2000.

L'intrusion saline a pris de l'ampleur au cours des années. Elle s'est manifestée par une avancée à l'intérieur des terres et une augmentation de la salinité au niveau des ouvrages proches de la mer et du fleuve Saloum (Tableau 2).

Ce phénomène de salinisation se manifeste de manière différente d'un point à l'autre entre 2012 et 2015. Ceci peut être dû aux variations de la lithologie et/ou au stress anthropique appliqué à l'aquifère.

Tableau 2. Evolution des teneurs en chlorures en fonction de la distance par rapport à la mer

Localités	Distance (m)/mer	Cl (mg/l) en 2012	prof (m) 2012	Cl (mg/l) en 2015	prof (m)
Missira 1	388	***232,86***	6,45	***241,5***	6,4
Missira 2	648	***14,25***	8,35	***11,25***	8,6
Néma BA	61	***275,86***	2,87	***291,07***	3,1
Néma Ding	5994	***102,08***	9,71	***96,31***	9,4
K lahine	10590	***15,76***	20	***16,5***	19,9
K Aliou DIOP	14490	***53,27***	17,7	***67,1***	17,4
Ndiaye Ndiaye	730	***282,79***	3,77	***288,94***	2,7
Sorom	5240	***196,4***	6,35	***163,57***	6,5
Thianda Thiamen	10700	***98,4***	6,21	***151,18***	5,2
K Math Thiam	14320	***27,99***	8,6	***23,69***	6,7

La représentation graphique à charge équivalente de l'évolution des teneurs en sodium en fonction des concentrations en chlorures (figure 5) montre que :

- les points situés sur la droite 1:1 correspondent à l'eau des ouvrages localisés à proximité des environnements salés. Ceci indique un mécanisme de mélange entre une eau douce et une eau salée, sans qu'il y ait de réaction d'échange d'ions ;
- les points d'eau situés sous la droite 1:1 se trouvent dans un domaine d'appauvrissement en sodium. Cette caractéristique est typique des eaux dont la chimie est contrôlée par des réactions d'échange cationique ;
- les points situés au-dessus de la droite 1:1 indiquent que les eaux ont un excès de sodium. Cela implique que l'origine de cet ion ne s'explique pas complètement par un équilibre Na vs Cl.

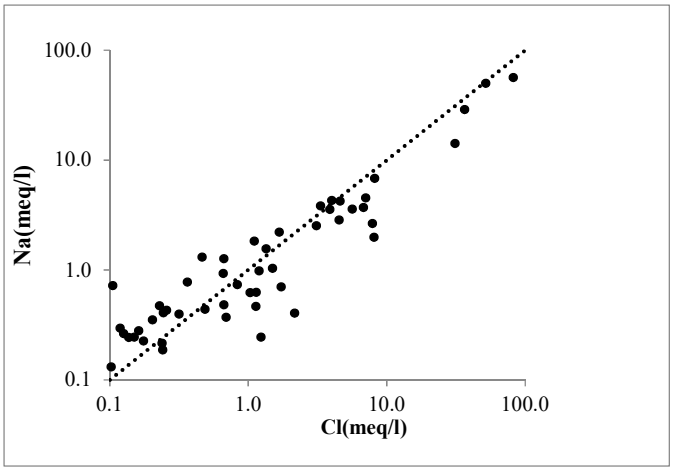


Fig. 5. Relation Na^+ et Cl^-

Étant donné que la teneur en sodium devrait équilibrer la teneur en chlorure, le déficit en Na^+ ne peut être expliqué dans notre cas que par un phénomène d'échange ionique inverse entre l'eau et l'aquifère i.e. par l'adsorption de Na^+ et la libération de Ca^{2+} au niveau des zones salées. Dans certaines eaux où un excès de Na^+ est noté, une autre source doit être recherchée, qui pourrait être l'altération de feldspaths sodiques. Le contact des eaux salées avec les argiles peut expliquer les fortes concentrations de Na^+ et Cl^- dans les eaux de la nappe au niveau de ces environs salés du fait que les argiles ont une perméabilité réduite et une forte capacité d'échange cationique [21]. Les eaux en contact avec ces dépôts argileux peuvent se charger en ces éléments sous l'effet de leur concentration élevée (action de la force ionique des solutions).

L'étude de la variation de la salinisation a été aussi réalisée par la caractérisation des faciès géochimiques des eaux avec l'utilisation du diagramme de Piper. Les faciès identifiés au niveau de la zone sont au nombre de trois : bicarbonaté ($CaHCO_3$,

et $CaNaHCO_3$,) ; chloruré (NaCl, CaMgCl, CaCl) et sulfaté ($NaKSO_4$) pour le seul ouvrage de Néma (14). Les faciès sont de type chloruré, près la côte et dans les environs du Saloum et de ses affluents méridionaux, ce qui souligne bien l'influence des eaux salée loin dans l'intérieur des terres et dans certaines parties de la zone d'étude. Sur certains ouvrages 12, 32, 13, 38 et 9, la salinisation s'accentue avec une augmentation des teneurs en Na et Cl matérialisé sur le diagramme de Piper par la migration de ces points vers le sommet (figure 6).

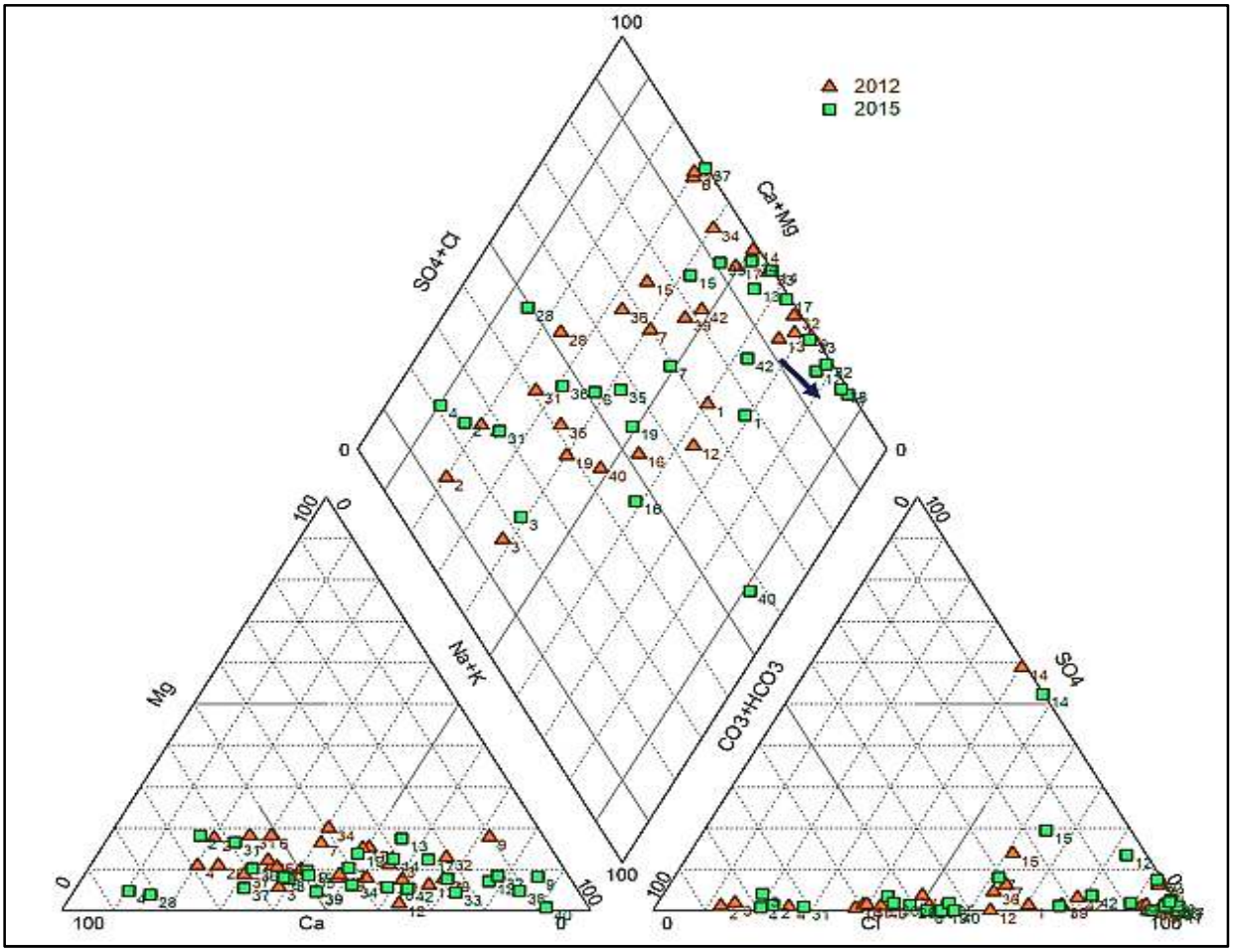


Fig. 6. Facies des eaux de la nappe en mai 2012 et avril 2015

Des changements de faciès sont notés entre 2012 et 2015 (figure 6) ; certains ouvrages 34, 36, 7, 39 ont évolué dans le temps depuis un faciès chloruré calcique vers un faciès chloruré sodique et d'autres passent d'un faciès bicarbonaté calcique vers un faciès chloruré calcique (35, 40, 19) ce qui corrobore le processus d'une intrusion saline. A l'intérieur des terres, les faciès bicarbonatés au niveau des ouvrages 42 et 28 en 2012 ont changé pour donner un faciès chloruré. Ces changements de faciès montrent une augmentation des concentrations de chlorure due essentiellement à l'influence des eaux salées environnantes.

L'augmentation de la salinité des eaux souterraines associée à un facies chloruré sodique peut provenir de l'action conjuguée de différents mécanismes, comme une concentration par évaporation ou un mélange avec une eau de mer ou avec une saumure [22]. Du fait de la proximité de ces ouvrages aux environnements salés, l'influence de l'eau de mer et du fleuve Saloum sur les eaux de la nappe est retenue comme étant la cause principale.

5 CONCLUSION

Ce travail nous a permis de voir l'évolution de la salinité des eaux souterraines dans le temps et dans l'espace. La distribution spatiale de la conductivité électrique des eaux souterraines ainsi que leur évolution spatio-temporelle ont été cartographiées. Il ressort de cette étude que les valeurs de conductivité électrique et les teneurs en chlorure ont doublé entre 2000 et 2015 au niveau des secteurs ouest, sud-ouest et nord de l'aquifère du Saloum avec des concentrations qui s'accentuent vers l'intérieure

des terres. L'apparition de faciès chloruré calcique au droit de certains ouvrages proches de la mer et des environs du fleuve Saloum est manifeste. Des changements de faciès sont notés aussi dans certains ouvrages allant du bicarbonaté au chloruré. Cette augmentation des teneurs en chlorure pourrait être à l'origine d'une altération de la qualité de l'eau souterraine et va avoir des conséquences néfastes sur l'usage domestique et agricole car 3 à 4 % d'eau de mer additionnées à l'eau douce suffit à la rendre impropre à la consommation [23]. Cette étude montre donc la nécessité de continuer la recherche pour une meilleure gestion de la ressource avec un suivi du processus actuel de salinisation des eaux et l'évaluation de la charge de chlorure dans les zones bordières.

REFERENCES

[1] Faye S., Apports des outils géochimiques et isotopiques à l'identification des sources de salinité et à l'évaluation du régime d'écoulement de la nappe du Saloum. Thèse es Sciences. Univ. Cheikh Anta Diop de Dakar 153 p, 2005.

[2] Noël, Y., Etude hydrogéologique du Continental Terminal de Sine Gambie première phase et rapport de synthèse, BRGM DKR 75 DK 05, 30 P, 1975.

[3] Diluca, C., Etude hydrogéologique du Continental Terminal entre le Sine et la Gambie Deuxième phase et rapport de synthèse, BRGM DKR 76 DK 33p, 1976.

[4] Faye, S., Faye, S.C., Ndoye, S., and Faye, A., Hydrogeochemistry of the Saloum (Senegal) superficial coastal aquifer. International journal of Geoscience environmental geology volume 44 N° 2.pp. 127-136, 2003**.**

[5] Faye, S., Maloszewski, P., Stichler, W., Trimborn, P., Cisse Faye, S. and Gaye, C.B., Groundwater salinization in the Saloum (Senegal) delta aquifer: minor elements and isotopic indicators. Sci. Total Environ, 343 : 243-259, 2005

[6] Diop, EL. S., Estuaires holocènes tropicaux. Etude géographique physique comparée des rivières du sud : du Saloum (Sénégal) à la Mellacorée (République de Guinée). Thèse d'état lettre Univ. L. Pasteur Strasbourg, tome I. 522 p., 1986.

[7] Khammari, B. et De Marsily, G., Identification de l'intrusion marine en nappe côtière par co-krigeage entre les teneurs hydrochimiques (Nappe alluviale du bas Sebou, Algérie), rapport, 18 p., 1994.

[8] Marjoua. A., Olive, P. and Jusserand, C., Apports des outils chimiques et isotopiques à l'identification des origines de la salinisation des eaux : Cas de la nappe de La Chaouia côtière (Maroc). Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Sciences, vol. 10, n° 4, pp. 489-505**,** 1997.

[9] Held, R., Attinger, S. and Kinzelbach, W., Homogenization and effective parameters for the Henry problem in heterogeneous formations. *Water Resources Research*, 41(W11420): 1-14, 2005.

[10] Lappartient, J. R., Le Continental Terminal et le Pléistocène ancien du bassin sénégalo-mauritanien. Stratigraphie, Sédimentologie, diagenèse, altération, reconstitution des paléorivages au travers des cuirasses Thèse sciences, Marseille, 272 p 10 pl. photo, 1985.

[11] Flicoteaux, R. et Lappartient. J.R., Le passage de l'Eocène Inférieur à l'Eocène moyen sur la bordure orientale du dôme de Ndiass (Sénégal occidental). Travx. Labo. Sc. Terre, Fac. Sci. Marseille Sr-Jérôme. Série A, n°8. 28 p. 1972.

[12] Elouard, P., Formations sédimentaires de Mauritanie atlantique. *In* : "Notice explicative de la carte géologique à 1/1000 000 de la Mauritanie".*B.R.G.M.* éd., pp. 171-233, 1975.

[13] Faye S.**,** Etudes hydrogéologiques et hydrologiques complémentaires de la nappe du Continental Terminal dans la zone Sine-Gambie. Rapport géophysique. Projet PEPAM-BAD, 2017.

[14] Ndoye S., Comportement hydrodynamique et hydrochimique de la nappe côtière du Continental Terminal du Saloum. Thèse 3eme cycle Univ. Cheikh Anta Diop de Dakar, 152 p. Ndoye, 2003.

[15] Ndoye, S., Razack M., FAYE S. et GAYE, C. B., Application des méthodes statistiques multivariées et de la classification de Stuyfzand pour la caractérisation des eaux souterraines de l'aquifère côtier du Saloum, Sénégal, Afrique SCIENCE 13(2) (2017) 200 -212, ISSN 1813-548X, 2017.

[16] Fetter, C.W., Applied Hydrogeology. Prentice Hall Inc., New Jersey (USA), 691p, 1994.

[17] Back, W., Hydrochemical facies and groundwater flow patterns in northern part of Atlantic Coastal Plain. USGS Professional Paper 498-A. US Government Printing Office, Washington, 42p. 1966.

[18] Howard K.W.F. and Lloyd K.W., Major ions characterization of coastal saline Groundwaters. Groundwater 21 (4), 429-437, 1983.

[19] Mercado, A., The use of hydrogeochemical patterns in carbonate sand and sandstone aquifers to identify intrusion and flushing of saline water. *Groundwater* 23: 635-645, 1985.

[20] Tellam, J.H. and Lloyd, J.W., Problems on the recognition of seawater intrusion by chemical means: An examp1e of apparent chemica1 equiva1ent. Quaternary Journal of Engineering Geology 19: 389-398, 1986.

[21] Schoeller, H., Les eaux souterraines, Ed. Masson, Paris. 1962,

[22] Barbecot, F., Approche géochimique des mécanismes de salinisation des aquifères côtiers -Chronologie 14 C- 226 Ra. Thèse- Doctorat de l'université Paris XI, 1999.

[23] Custodio, E., Coastal aquifers as important natural hydrogeological structures, in Groundwater and human development, editors: Bocanegra E.M., Hernández M.A., Usunoff E., pp. 15–38, 274 p., Taylor & Francis, London, UK, ISBN 987-544-063-9, 2005.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1690-1700
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Effets d'une consommation modérée d'alcool sur la progéniture de la ratte (Wistar)

[Effects of moderate alcohol consumption on the Wistar rate progeny]

Prisca Joëlle Djoman DOUBRAN, Koffi Mathias YAO, Niemtiah OUATTARA, Antoine Némé TAKO, and Bialli Seri

Laboratoire de Neurosciences, Université Félix HOUPHOUET- BOIGNY, UFR Biosciences, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The objective of this study was to find the daily dose that could be safely consumed during the gestation period. Moderate doses of alcohol were administered to rats during gestation and the effects on the memory of progeny were assessed. The data indicate that from 0.3 gram per liter, any dose of alcohol becomes potentially harmful to the health of a fetus. Below this dose (0.1 grams per liter), even if the results obtained are not different from those of the controls, it is necessary to remain cautious since this study appreciates only one aspect on the memory. Indeed, there may be abnormalities on other functions with a daily consumption of 0.1grams per liter. It is therefore important to stress that the most cautious recommendation is abstinence throughout pregnancy because the dose limit Remains unknown.

KEYWORDS: Alcohol consumption, pregnancy, progeny, memory.

RESUME: L'objectif de cette étude a été de rechercher la dose quotidienne qui pourrait être consommée sans danger pendant la période de gestation. Des doses modérées d'alcool ont été administrées à des rates pendant la gestation et les effets sur la mémoire de la progéniture ont été évalués. Les données permettent d'affirmer qu'à partir de 0,3 gramme par litre, toute dose d'alcool devient potentiellement dangereuse pour la santé d'un fœtus. En dessous de cette dose (0,1gramme par litre), même si les résultats obtenus ne sont pas différents de ceux des témoins, il faut rester prudent puisque cette étude n'apprécie qu'un aspect sur la mémoire. En effet, il pourrait exister des anomalies sur d'autres fonctions avec une consommation quotidienne de 0,1 gramme par litre. Il reste donc important de souligner que la recommandation la plus prudente reste l'abstinence pendant toute la grossesse car la dose limite reste inconnue.

MOTS-CLEFS: Consommation d'alcool, gestation, progéniture, mémoire.

1 INTRODUCTION

L'alcoolisme représente l'un des risques sanitaires les plus importants dans le monde **[1]**. Selon un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)en 2014, l'usage nocif de l'alcool est responsable de 5,1 % de la charge de morbidité et de 5,9 % des décès prématurés enregistrés dans le monde **[2]**.

L'alcool semble reconnu comme la plus nocive des formes de pollution intra-utérine transmises par le comportement maternel **[3], [4]**. A l'occasion de toute consommation de boisson alcoolique pendant la grossesse, l'alcool traverse très facilement la barrière placentaire et sa concentration s'équilibre entre les compartiments maternel et fœtal, impliquant que la quantité d'alcool en contact avec les tissus du fœtus est rapidement comparable à celle consommée par la mère **[5].** Présentement, plusieurs travaux de recherche font état de l'ensemble des troubles causés par l'alcoolisation fœtale (ETCAF), regroupant le SAF et les manifestations partielles de cette exposition qui se présentent différemment d'un fœtus exposé à l'autre. Si la recommandation habituelle est de s'abstenir de toute consommation d'alcool pendant la grossesse, une étude épidémiologique a montré que 37,8% des femmes enceintes enquêtées à Abidjan consomment de l'alcool et parmi elles, 11,4% en consomment dangereusement **[6].** La dose dangereuse n'est pas encore déterminée, mais l'on estime que toute dose aiguë pourrait avoir de nombreux inconvénients sur la progéniture. Pour toutes ces raisons, l'objectif de cette étude a été de rechercher la dose quotidienne qui pourraient être consommée sans danger pendant la période de gestation.

Corresponding Author: Prisca Joëlle Djoman DOUBRAN

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 MATÉRIEL ANIMAL

Les travaux ont été effectué sur vingt-cinq (25) rattes gestantes (*Rattus norvegicus*, Muridae, L. 1753), de souche Wistar et de poids compris entre 140 et 180 g (figure 2). Les rattes provenaient toutes de l'animalerie du Laboratoire de Nutrition et Pharmacologie de l'UFR Biosciences de l'Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY situé à Cocody Abidjan. Elles ont été transportées au laboratoire, dans des cages de transport standard. Ces rattes étaient sans pathologie encéphalique connue et étaient supposées saines, car elles ne présentaient aucun symptôme de maladie. Vingt-cinq (25) ratons issus de la gestation de ces femelles traitées ont été utilisés pour la suite des travaux.

2.1.2 MATÉRIEL TECHNIQUE

Le matériel technique est composé de :

- Cages en plexiglas ;
- Une balance de précision (1/1000 g), de marque Sartorius » a été utilisée pour les différentes pesés des rats ;
- Une sonde à gavage a permis d'administrer les différentes doses d'éthanol ;
- Un labyrinthe en T (figure 2) ;
- Eau hypochloreux s (pH 7) pour éviter un biais sur la base de signaux olfactifs ;
- Eau distillée pour diluer l'éthanol ;
- De l'éthanol à 96º.
- Granulé de fabrication IVOGRAIN®
- Microscope optique
- Lame et lamelle
- Micropipette
- Nacl 9‰

2.2 MÉTHODES

Des rattes *Rattus norvegicus* (Muridae), de souche Wistar, dont le poids varie entre 140 et 180 g, sont utilisées pour cette étude. Elles sont élevées dans l'animalerie de l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) de Biosciences de l'Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire). La salle reçoit un éclairage naturel avec une température moyenne de de 25°C. Ces animaux sont nourris à volonté avec un aliment fabriqué par la société IVOGRAIN® d'Abidjan (Côte d'Ivoire), avec un accès libre à l'eau de robinet.

2.2.1 PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Les rattes sont réparties dans des cages par groupes de quatre. Chaque groupe comporte trois femelles et un mâle. Dès lors, des frottis vaginaux sont effectués chaque jour. Une fois la présence de spermatozoïdes déterminés chez les rattes, elles sont isolées et réparties dans des cages individuelles par groupe de cinq. Les rattes gestantes sont reparties de la façon suivante :

- Un lot témoin, composé de cinq (5) rattes ;
- Et un lot expérimental (test), composé de vingt (20) rattes, réparties en quatre groupes de cinq rattes.

Administration de l'éthanol

L'éthanol, titrée à 96% grâce à l'alcoomètre centésimal de Gay Lussac, a été diluée à 15%. Pour ce faire, 450 ml d'eau distillée ont été ajoutés à 250 ml de l'éthanol à 42%.

Détermination des quantités à ingérer

Les volumes d'alcool à 15% à ingérer aux rattes sont calculés à partir de la formule de Widmark **[7]** :

Soit A l'éthanolémies approchée :

$$\mathbf{A} = \frac{V \times p \times 0{,}8}{K \times m}$$

Donc :

$$\mathbf{V} = \frac{A \times K \times m}{0{,}8 \times P}$$

Avec :

V : volume de boisson ingérée en ml ;
P : degré (pourcentage) d'alcool de la boisson ingérée ;
K : coefficient de diffusion ;
m : masse de l'individu en kg ;
0,8 : densité de l'éthanol

Ainsi, le lot expérimental reçoit quotidiennement en plus de l'eau, une solution d'alcool à 15%, par gavage. Ils sont pesés chaque jour afin de déterminer le volume d'alcool à ingérer. Le lot témoin reçoit de l'eau et la même quantité et qualité d'aliments que celles consommées par le lot expérimental. La consommation de la liqueur a duré tout au long de la gestation (21 jours). Par ailleurs, chaque groupe expérimental a reçu une dose d'alcool bien : défini à raison de 0,1 g/l ; 0,3 g/l ; 0,5g/l et 0,8 g/l.

Après la mise bas, les ratons sont nourris normalement (sans alcool) pendant trois mois jusqu' à l'âge adulte avant le test du labyrinthe en T.

Test du labyrinthe en T

- ***Phase d'habituation***

Le labyrinthe en T est un test initial et rapide pour l'évaluation des fonctions cognitives générales **[8].**Il est basé sur le principe de l'alternance spontanée et est sensible à l'administration de substances amnésiantes. Le rongeur est un animal qui explore spontanément son environnement et le rat est l'espèce préférée pour ce test d'évaluation des fonctions cognitives, mais d'autres espèces, moins courantes, peuvent aussi être utilisées, comme le homard par exemple [9]. Placé lors du premier essai dans un labyrinthe en T, le rat a libre choix entre les deux bras du « T ». Lors du second essai, le rat choisira le bras non visité. Ce phénomène se nomme alternance spontanée

Pendant les deux jours précédents l'expérience les animaux sont soumis à des séances d'exploration libre pendant une dizaine de minutes par jour pour atténuer d'éventuelles réactions émotionnelles au contact de l'expérimentateur, du matériel de t§ravail et du contexte (labyrinthe en T et environnement expérimental).

- ***Phase expérimentale***

Le test du labyrinthe en T permet d'évaluer la mémoire de travail. Il s'agit de retenir, à court terme, une information et de l'utiliser immédiatement pour exprimer un comportement adapté. Ici, la tendance naturelle des rongeurs à explorer un nouvel environnement est la base de ce test. Ainsi, lorsque le rat est placé dans le labyrinthe, il explore spontanément la branche là moins récemment visitée, et de ce fait, montre un haut degré d'alternance des visites des deux branches **[10].**

Le rat est enfermé pendant 30 secondes (s) dans le compartiment de départ. Ensuite, la porte à guillotine est ouverte et le rat peut choisir l'une des deux branches où il sera enfermé pendant 30 s. L'on utilise l'eau hypochloreux pour nettoyer l'intérieur du labyrinthe et après cela, il est à nouveau placé dans le compartiment de départ pour 30 autres secondes. Chaque rat fait 20 es^$sais et une alternance spontanée est définie comme deux entrées successives dans les deux différentes branches du labyrinthe.

2.2.2 ANALYSE STATISTIQUE

Pour cette étude, l'échantillon est une série de 20 essais. Le caractère étudié est le nombre d'alternance sur les vingt essais. Ainsi, le pourcentage d'alternance spontanée (% AS), comparé à celui des témoins, est utilisé comme indice de performance de la mémoire de travail des rats, et est calculé comme suit :

%AS = (NAR * 100) /NAP

Où :

%AS est le pourcentage d'alternance ;
NAR est nombre d'alternances réalisées ;
et NAP, le nombre d'alternances possibles.

Par ailleurs, à chaque série d'expériences, cinq lots d'animaux sont à comparer : les rats témoins dont les mères n'ont pas consommé d'alcool pendant la gestation d'une part, et d'autre part, les rats dont les mères ont reçu différentes doses d'alcool pendant la gestation. Il s'agit des doses de 0,1 g/l de sang, de 0,3 g/l de sang, de 0,5 g/l de sang et de 0,8 g/l de sang.

Il s'agit d'analyser le comportement d'ensemble de chaque groupe à travers leurs performances et de confronter ces résultats aux autres groupes. Ainsi, il convient de vérifier la significativité des éventuelles différences observées entre les moyennes des erreurs obtenues dans chaque groupe, c'est-à-dire savoir si pour chaque épreuve la différence de performances entre deux groupes donnés est significative ou pas. Pour ce faire, une analyse de variance uni variée, grâce au logiciel Statistica 10.0, a permis de faire ces comparaisons.

La probabilité (p) de 0,05 est considérée comme valeur limite de significativité. Ainsi, si « p » est inférieur ou égale à 0,05, alors la différence entre les variables comparées est significative. Par contre, si « p » est supérieur à 0,05, alors la différence entre les deux variables comparées n'est pas significative. De façon plus précise, les intervalles suivants sont utilisés comme référence :

si $p < 0,0001$ (***) alors la différence est très significative ;

si $0,0001 \leq p < 0,001$ (**) alors la différence est significative ;

si $0,001 \leq p < 0,05$ (*) alors la différence est peu significative ;

Si $p > 0,05$ alors la différence n'est pas significative.

3 RÉSULTATS

3.1 EFFETS DES DIFFÉRENTES DOSES D'ALCOOL INGÉRÉES PENDANT LA GESTATION SUR LA MÉMOIRE DE LA PROGÉNITURE

Les rats témoins réussissent le test du labyrinthe en T avec un maximum de 12% d'erreurs (soit 88% d'alternance). Les rats dont les mères ont été soumis à une alcoolisation journalière de 0,1 g/l de sang pendant la gestation ont un taux d'alternance de 84% (soit taux d'erreurs de 16%). Cependant ils ont cette performance de groupe est presque semblables au lot témoins (figure 4). En effet, la comparaison entre les rats témoins et les rats tests de ce groupe donne $F(1,98) = 2,0079$ et $p = 0,159$. Cette différence étant supérieure à 0,05, elle n'est donc pas significative.

Les rats dont les mères ont été soumis à une alcoolisation journalière de 0,3 g/l de sang pendant la gestation (figure 5) terminent les épreuves avec un taux d'alternance de 70%. En les comparant au rats témoins (88% d'alternance), on obtient $F(1, 98) = 5,6641$ et $p = 0,01925$. Cette différence étant inférieure à 0,0001 et supérieure à 0,001, elle est (peu) significative.

Les rats dont les mères ont été soumis à une alcoolisation journalière de 0,5 g/l de sang pendant la gestation (figure 6) terminent les épreuves avec un taux d'alternance de 49%. En les comparant au rats témoins (88%), on obtient $F(1, 98) = 18,048$ et $p < 0,0001$. Cette différence est donc très significative.

Les rats dont les mères ont été soumis à une alcoolisation journalière de 0,8 g/l de sang pendant la gestation (figure 7) terminent les épreuves avec un taux d'alternance de 50%. En les comparant au rats témoins (88%), on obtient $F(1, 98) = 16,428$ et $p < 0,0001$. Cette différence est aussi très significative.

3.2 COMPARAISONS INTERGROUPES

Il s'agit, ici, de comparer les différents groupes tests pour apprécier les effets de la dose d'alcool ingérée pendant la gestation.

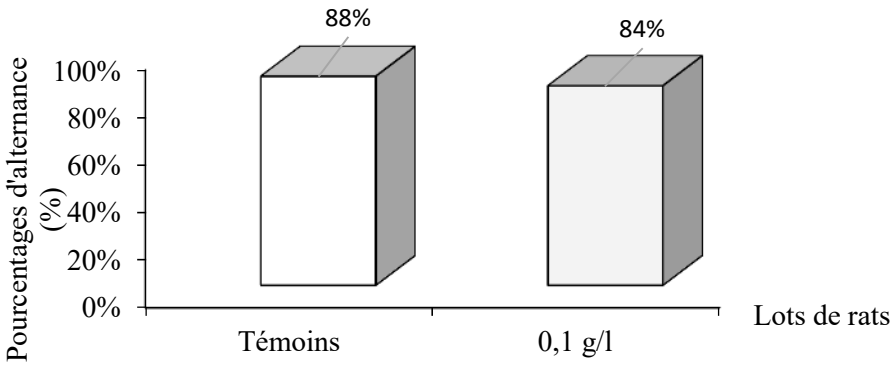


Fig. 1. Performances des rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,1 g/l de sang, pendant la gestation, à l'épreuve du labyrinthe en T.

Témoins : lot de rats dont les mères n'ont pas consommé d'alcool pendant la gestation.
0,1 g/l : lot de rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,1 g/l de sang, pendant la gestation.

Les performances des deux lots de rats (n=5) sont presqu'identiques.

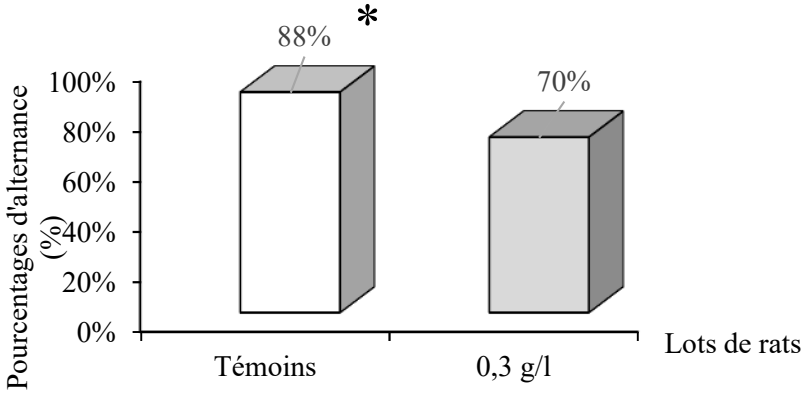


Fig. 2. Performances des rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,3 g/l de sang, pendant la gestation, à l'épreuve du labyrinthe en T.

Témoins : lot de rats dont les mères n'ont pas consommé d'alcool pendant la gestation.
0,3 g/l : lot de rat dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,3 g/l de sang, pendant la gestation.

Les rats tests de ce lot (n=5) font significativement plus d'erreurs que les rats témoins.

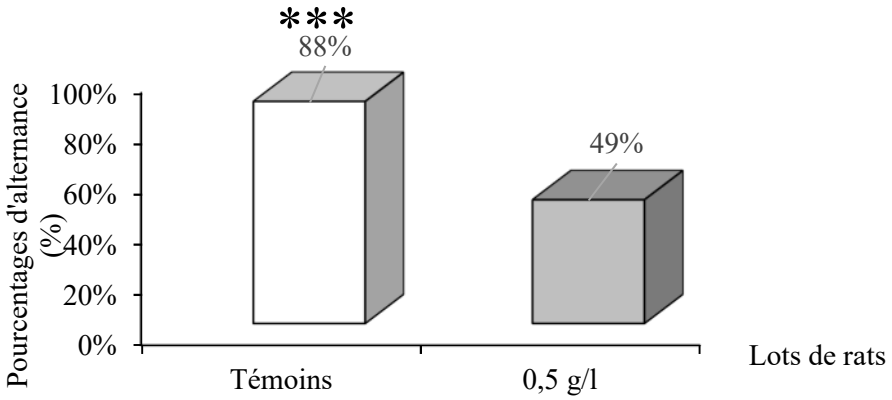


Fig. 3. Performances des rats (n=5) dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,5 g/l de sang, pendant la gestation, à l'épreuve du labyrinthe en T.

Témoins : lot de rats dont les mères n'ont pas consommé d'alcool pendant la gestation.
0,5 g/l : lot de rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,5 g/l de sang, pendant la gestation.

Les rats tests de ce lot (n=5) font significativement plus d'erreurs que les rats témoins

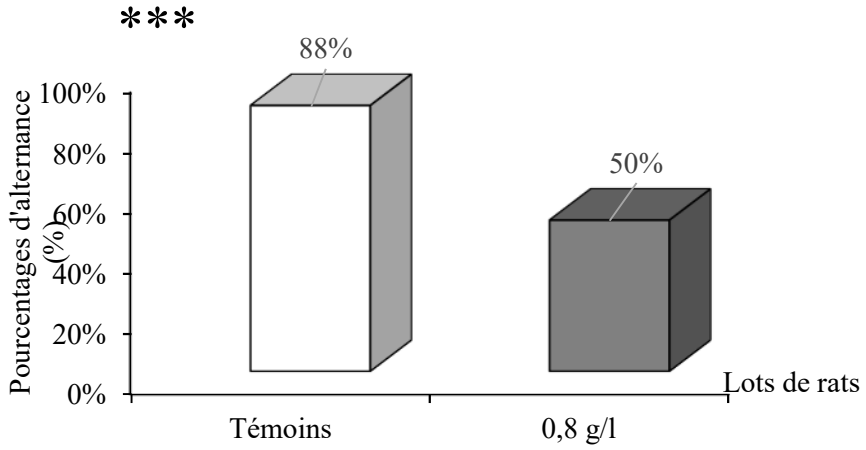


Fig. 4. Performances des rats (n=5) dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,8 g/l de sang, pendant la gestation, à l'épreuve du labyrinthe en T.

Témoins : lot de rats dont les mères n'ont pas consommé d'alcool pendant la gestation.
0,8 g/l : lot de rat dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,8 g/l de sang, pendant la gestation.

Les rats tests de ce lot (n=5) font significativement plus d'erreurs que les rats témoins

La comparaison entre les performances des rats dont les mères ont reçu une dose journalière de 0,1 g/l de sang (88% d'alternance) et ceux dont les mères ont ingéré 0,3 g/l de sang (70% d'alternance) donne F (1,98) = 0,05927 et p = 0,80816 (figure 8). La probabilité p étant supérieure à 0,05, cette différence n'est donc pas significative.

Par contre, la comparaison entre les performances des rats dont les mères ont reçu une dose journalière de 0,1 g/l de sang (88%) et ceux dont les mères ont ingéré 0,5 g/l de sang (49%) donne F (1, 98) = 8,5875 et p = 0,00421 (figure 9). La probabilité p étant comprise entre 0,001 et 0,05, cette différence est donc (peu) significative.

Aussi, la comparaison entre les performances des rats dont les mères ont reçu une dose journalière de 0,1 g/l de sang (88% d'alternance) et ceux dont les mères ont ingéré 0,8 g/l de sang (50% d'alternance) donne F (1, 98) = 9,8315 et p = 0,00226 (figure 10). La probabilité p étant comprise entre 0,001 et 0,05, cette différence est donc (peu) significative.

Par ailleurs, la comparaison entre les performances des rats dont les mères ont reçu une dose journalière de 0,3 g/l de sang (70% d'alternance) et ceux dont les mères ont ingéré 0,5 g/l de sang (49% d'alternance) donne F (1, 98) = 1,4964 et p = 0,2370 (figure 11). La probabilité p étant supérieure à 0,05, cette différence n'est donc pas significative.

Par contre, la comparaison entre les performances des rats dont les mères ont reçu une dose journalière de 0,3 g/l de sang (70% d'alternance) et ceux dont les mères ont ingéré 0,8 g/l de sang (50%) donne F (1, 98) = 2,24 et p = 0,0218 (figure 12). La probabilité p étant comprise entre 0,001 et 0,05, cette différence est donc (peu) significative.

Aussi, la comparaison entre les performances des rats dont les mères ont reçu une dose journalière de 0,5 g/l de sang (49% d'alternance) et ceux dont les mères ont ingéré 0,8 g/l de sang (50% d'alternance) donne F (1,98) = 0,223 et p = 0,88 (figure 13). La probabilité p étant supérieure à 0,05, cette différence n'est donc pas significative.

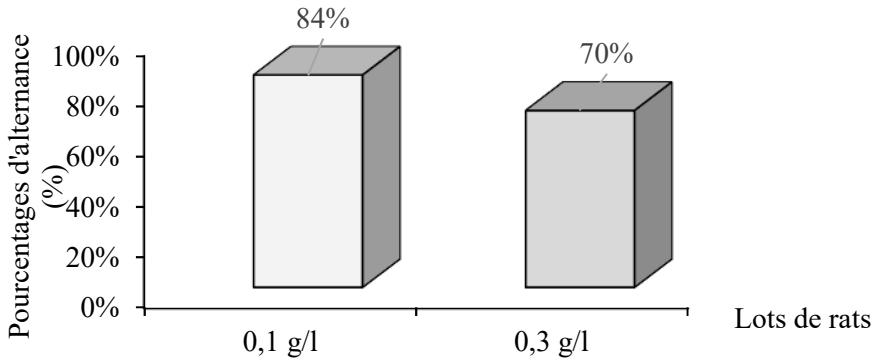


Fig. 5. Performances des rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool respective de 0,1 g/l et de 0,3 g/l de sang, pendant la gestation, à l'épreuve du labyrinthe en T.

0,1 g/l : lot de rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,1 g/l de sang, pendant la gestation.
0,3 g/l : lot de rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,3 g/l de sang, pendant la gestation.

Les rats tests 0,3 g/l (n=5) ont des performances semblables à ceux des rats tests 0,1 g/l.

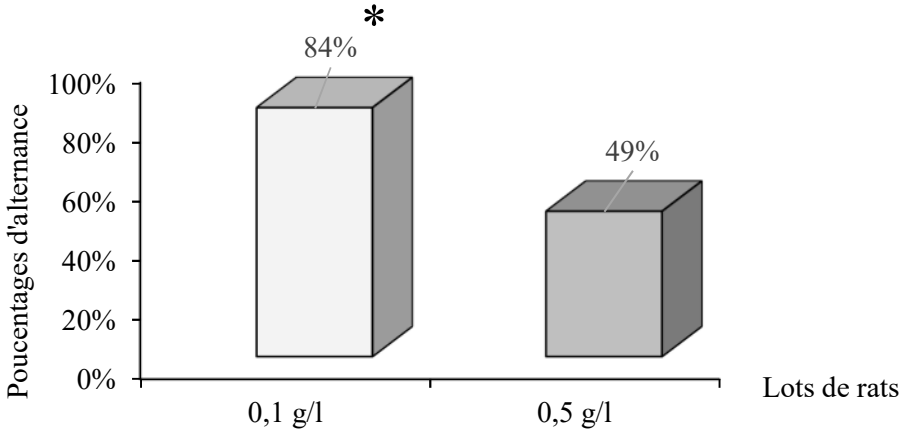


Fig. 6. Performances des rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool respective de 0,1 g/l et de 0,5g/l de sang, pendant la gestation, à l'épreuve du labyrinthe en T.

0,1 g/l : lot de rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,1 g/l de sang, pendant la gestation.
0,5 g/l : lot de rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,5 g/l de sang, pendant la gestation.

Les rats tests 0,5 g/l font significativement plus d'erreurs que les rats tests 0,1 g/l

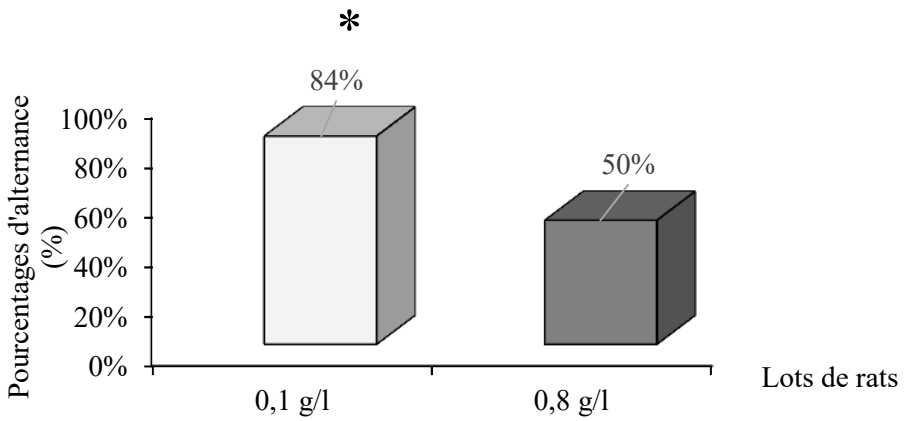


Fig. 7. Performances des rats (n=5) dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool respective de 0,1 g/l et de 0,8g/l de sang, pendant la gestation, à l'épreuve du labyrinthe en T.

0,1 g/l : lot de rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,1 g/l de sang, pendant la gestation.
0,8 g/l : lot de rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,8 g/l de sang, pendant la gestation.

Les rats tests (n=5) 0,8 g/l font significativement plus d'erreurs que les rats tests 0,1 g/l

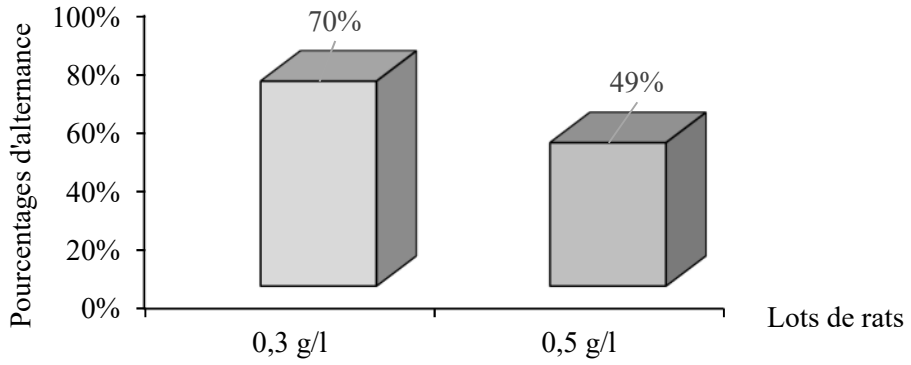


Fig. 8. Performances des rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool respective de 0,3 g/l et de 0,5 g/l de sang, pendant la gestation, à l'épreuve du labyrinthe en T.

0,3 g/l : lot de rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,3 g/l de sang, pendant la gestation.
0,5 g/l : lot de rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,5 g/l de sang, pendant la gestation.

Les rats tests (n=5) 0,5 g/l ont des performances semblables à ceux des rats tests 0,3 g/l

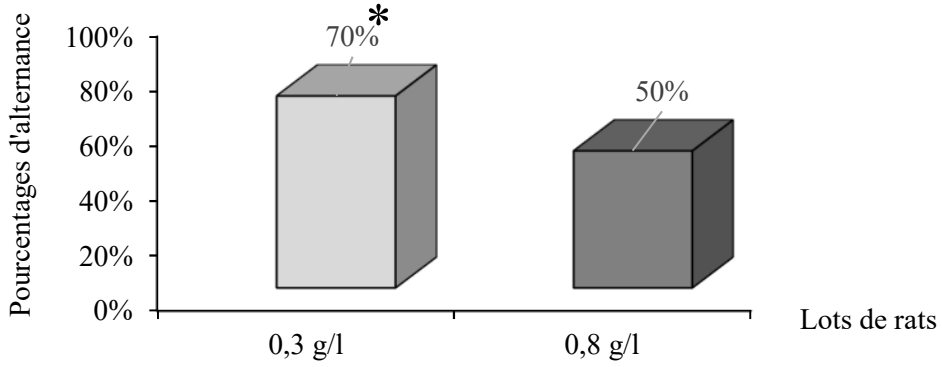


Fig. 9. Performances des rats (n=5) dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool respective de 0,3 g/l et de 0,8g/l de sang, pendant la gestation, à l'épreuve du labyrinthe en T.

0,3 g/l : lot de rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,3 g/l de sang, pendant la gestation.
0,8 g/l : lot de rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,8 g/l de sang, pendant la gestation.

Les rats tests 0,8 g/l font significativement plus d'erreurs que les rats tests 0,3 g/L

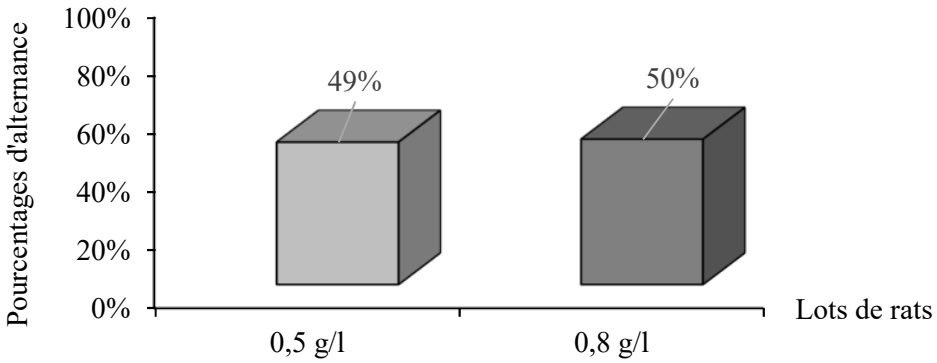


Fig. 10. Performances des rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool respective de 0,5 g/l et de 0,8 g/l de sang, pendant la gestation, à l'épreuve du labyrinthe en T.

0,5 g/l : lot de rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,5 g/l de sang, pendant la gestation.
0,8 g/l : lot de rats dont les mères ont reçu une dose journalière d'alcool de 0,8 g/l de sang, pendant la gestation.

Les rats tests 0,8 g/l ont des performances semblables à ceux des rats tests 0,5 g/l

4 DISCUSSION

Dans cette étude, le test du labyrinthe en T a été utilisé pour évaluer la mémoire de travail **[11]** des rats dont les mères ont reçu différentes doses d'alcool pendant la gestation pour avoir une idée des effets des consommations alcooliques pendant les grossesses (chez la femme). Le rongeur utilise cette mémoire de travail pour mémoriser les branches du labyrinthe les plus récemment visités et renouvelle continuellement cette information à chaque passage **[12], [13]**. Ainsi, on observe que les rats dont les mères ont reçu quotidiennement 0,1 g/l de sang pendant la gestation ont presque les mêmes comportements, dans le labyrinthe en T, que les rats témoins. Cette observation suggère que la dose quotidienne de 0,1 g/l de sang est insuffisante pour provoquer des anomalies observables.

Par contre, les rats dont les mères ont été soumises à une alcoolisation journalière de 0,3 g/l de sang pendant la gestation font plus d'erreurs que les rats témoins. Cependant, la différence entre ces mêmes animaux et ceux dont les mères ont reçu 0,1 g/l de sang n'est pas significative. Cette observation montre, que la dose de 0,3 g/l est dangereuse pour la santé de la progéniture. Certains auteurs ont aussi montré que l'exposition prénatale à l'alcool altère la neurogènes chez l'adulte et la réponse neurogène au stress chez les rats mâles. Les altérations de la neurogènes hippocampique après l'exposition prénatale à l'alcool peuvent contribuer aux déficits d'apprentissage et de mémoire chez les personnes atteintes de troubles du spectre de l'alcoolisation fœtale **[14]**.

Ici, l'alcool ingérée par les mères perturbe durablement le système nerveux de la progéniture. En effet, à l'occasion de toute consommation de boisson alcoolique pendant la gestation, l'alcool traverse très facilement la barrière placentaire et sa concentration s'équilibre entre les compartiments maternel et fœtal, impliquant que la quantité d'alcool en contact avec les tissus du fœtus est rapidement comparable à celle acquise par la mère **[5].**

Par ailleurs, des anomalies du comportement ont été observées chez des enfants dont les mères ont eu des consommations quotidiennes moyenne d`environ 0,3 g/l pendant la grossesse **[15].** Par conséquent, l`on peut considérer que la consommation régulière d'une dose modérée d'alcool pendant la grossesse est un facteur de risque pour le fœtus. En outre, même si la boîte crânienne a une forme normale à la naissance, certaines régions critiques comme l`hippocampe et le lobe frontal demeurent très fragiles aux effets de l`alcool **[16], [17], [18]**.

Cependant, l'absence de significativité avec les moyennes des rats dont les mères ont reçu une alcoolisation quotidienne de 0,1 g/l de sang montrerait que l'effet d'une l'alcoolémie quotidienne de 0,3 g/l de sang n'est pas très prononcé.

Même si dans certains pays, l'on considère qu'une alcoolémie de 0,5 g/l de sang n'est pas suffisante pour empêcher la conduite automobile, cela ne signifierait pas que cette dose n'a aucun effet sur le comportement. En effet, certaines études montrent que l'alcoolémie minimale pour un effet observable serait en dessous de 0,5 g /l de sang [**19]**.

Des études longitudinales ont permis de montrer des capacités cognitives et comportementales globales plus faibles chez des enfants nés de femmes qui déclarent avoir bu de façon modérée ou légère avec des excès peu fréquents **[20] ; [21]**. Dans ces études, le quotient intellectuel (QI) moyen et les autres mesures cognitives indiquent que des enfants nés de mères consommatrices d'alcool sont déficients par rapport aux enfants de mères non consommatrices.

Aussi, des études montrent que, même la consommation hebdomadaire d`une dose élevée d`alcool entraine très souvent les SAF. Cependant, cela n`arrive que chez les enfants dont les mères mangeaient très peu pendant la grossesse **[15]**. En effet, cette étude révèle qu'il n'y a pas de différence significative entre les rats dont les mères ont consommé l'alcool à 0,5 g/l et ceux dont les mères ont consommé l'alcool à 0,8 g/l. En effet, comme l'a révélé l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale **[5]**, lorsque des volontaires effectuent une tâche cognitive avec une alcoolémie de l'ordre de 0,50 g/l, ils procèdent plus rapidement qu'à jeun mais avec un accroissement significatif du nombre des erreurs ; ces résultats opposent l'alcool aux benzodiazépines, ces dernières ralentissant au contraire l'exécution de la tâche, mais sans augmentation du nombre d'erreurs **[22]**. Il a été montré que les erreurs en cause étaient des erreurs répétitives analogues à celles qui sont observées lors des atteintes frontales **[23]**. L'hypothèse d'un effet particulier de l'alcool sur les fonctions frontales est d'ailleurs suggérée par un certain nombre de données cliniques **[24]** et de l'imagerie cérébrale **[25]**.

5 CONCLUSION

Cette étude a été entreprise pour déterminer la dose d'alcool qu'une femme enceinte pourrait consommer sans risquer d'exposer le fœtus. Ces premiers essais sont réalisés sur des rattes et permettent d'avoir une idée si ces données devaient concerner une femme.

Les données permettent d'affirmer qu'à partir de 0,3 g/l, toute dose d'alcool devient potentiellement dangereuse pour la santé d'un fœtus. En dessous de cette dose (0,1g/l), même si les résultats obtenus ne sont pas différents de ceux des témoins, il faut rester prudent puisque cette étude n'apprécie qu'un aspect sur la mémoire. En effet, il pourrait exister des anomalies sur d'autres fonctions avec une consommation quotidienne de 0,1 g/l.

Il reste donc important de souligner que la recommandation la plus prudente reste l'abstinence pendant toute la grossesse car la dose limite reste inconnue.

REFERENCES

[1] K.M. Yao, P.A Camara., K.F.J.B. Adou, (2012). Types de boissons alcooliques consommées en Côte d'Ivoire: Préférence et consummation effective. Alcoologie et Addictologie, 34(3): 185-193p.

[2] OMS (Organisation Mondiale de la Santé). (2015). Consommation d'alcool. Aide-mémoire N°349. Accessible à l'url : http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs349/fr. Consultée le 15 juillet 2016.

[3] E.L. Abel, R.J. Sokol (1987). Incidence of fetal alcohol syndrome and economic impact of FAS-related anomalies. *Drug Alcohol Depend*, 19: 51-70p.

[4] S.H. Ebrahim, E.T. Luman, R.L. Floyd, C.C. Murphy, E.M. Bennett, C.A. Boyle (1998). Alcohol consumption by pregnant women in the United States during 1988–1995. *Obstetrics and Gynecology,*92(2): 187–192p

[5] INSERM (Institut National de la Santé et de la recherche médicale). (2001). Alcool : effets sur la santé*. Expertise collective*, Paris, France, 359 p

[6] K.M. Yao, B.D. Assi, A. Bâ, K.F. J-B Adou., A.N. Tako (2014). Épidémiologie de la consommmation d'alcool par les femmes enceintes en Côte d'Ivoire : enquête sur 834 cas à Abidjan. *Journal of Applied Biosciences,*80 :7024-7030p.

[7] E.M. Widmark (1932). Die theorischen grundladen und die praktische verwendarbeit der gericht lichmedi zinischen blkohol bestimmung*. Fortschr Naturwiss Forschung* 11: 140p.

[8] W.E. Crusio, (1999). Methodological considerations for testing learning in mice. In: Crusio, W.E., Gerlai, R.T. (Eds*.). Handbook of molecular-genetic techniques for brain and behavior research.* Amsterdam: Elsevier, 1999, 638-651p

[9] J.M. Koch, B.W. Patullo, D.L. Macmillan (2006). Exploring with damaged antennae: do crayfish compensate for injuries? J. Exp. Biol. 209, 3226-3233

[10] A. Koutseff (2011). Étude de l'interaction entre stress chronique et polymorphisme de l'apolipoprotéine E dans les processus émotionnels et cognitifs chez la souris : implications dans la maladie d'Alzheimer. Thèse de Doctorat de l'Université de Strasbourg en Neurosciences, Université de Strasbourg, France, 268p

[11] M-C. Audet (2000). Effets comportementaux et cognitifs de la phencyclidine (PCP) chez le rat. Mémoire de maîtrise. Ecole de Psychologie - Faculté des Sciences Sociales - *Université Laval, Québec, Canada,* 85p*.*

[12] A.H. Nagahara, J.L. McGaugh (1992). Muscimol infused into the medial septal area impairs long-term memory but not short-term memory in inhibitory avoidance, water maze place learning and rewarded alternation tasks. *Brain Res*591 : 54-61p.: 63-75p.

[13] L.A. Holcomb, M.N. Gordon, P. Jantzen, K. Hsiao., K. Duff, D. Morgan (1999). Behavioral changes in transgenic mice expressing both amyloid precursor protein and presenilin-1 mutations: lack of association with amyloid deposits. *Behavior genetics,*29: 177-185p.

[14] A.U. Kristina, H.S Joanna, S. Lieblich, A. Linda, Ellis, K.Y. Wayne, J. Weinberg, A.M.G. Liisa (2010). Prenatal alcohol exposure reduces the proportion of newly produced neurons and glia in the dentate gyrus of the hippocampus in female rats.*Hormones and Behavior,*58 (5) : 835-843p.

[15] P.A May., J.P. Gossage (2001). Maternal risk factors for fetal alcohol spectrum disorders. Not as simple as it might seem. *Alcohol Research & Health* 34(1): 15-26p.11

[16] C. Guerri, A. Bazinet, E.P. Riley (2009).Foetal Alcohol Spectrum Disorders and alterations in brain and behaviour. *Alcohol and Alcoholism*44:108–114p

[17] S.N. Mattson, A.M. Schoenfeld, Riley, E.P. (2001). Teratogenic effects of alcohol on brain and behavior. *Alcohol Research & Health*25: 185–191p

[18] E.P. Riley, C.L. McGee (2005). Fetal alcohol spectrum disorders: An overview with emphasis on changes in brain and behavior. *Experimental Biology and Medicine*30:357–365p.

[19] M. Oscar-Berman, K. Marinkovic (2007). Alcohol: Effects on neurobehavioral functions and the brain. *Neuropsychol Review*, 2007; 17: 239-257.

[20] J.L. Jacobson, S.W. Jacobson (1994). Prenatal alcohol exposure and neurobehavioral development. *Alcohol Health and Research World*18:30–36p

[21] A.P. Streissguth, R.A. LaDue (1985). Psychological and behavioral effects in children prenatally exposed to alcohol. *Alcohol Health and Research World,*10: 6-12p.

[22] C. Girre, M. Hirschhorn, L. Bertaux, S. Palombo, P.E. Fournier (1991). Comparison of performance of healthy volunteers given prazepam alone or combined with ethanol relation to drug plasma concentrations. *International Clinical Psychopharmacology*, 6(4): 227-238p.

[23] M. F. Lyvers, I. Maltzman (1991). Selective effects of alcohol on Wisconsin card sorting test performance. *Br. J. Addiction*, 1991; 86: 399-407p.

[24] J.B. Peterson., J. Rothfleisch, P.D. Zelazo, R.O. Pihl (1990). Acute alcohol intoxication and cognitive functioning. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*, 51(2):114-122.

[25] M. Sano, P.E. Wendt, A. Wirsen, G. Stenberg, J. Risberg, D.H. Ingvar (1993). Acute effects of alcohol on regional cerebral blood flow in man. *Journal of Studies on Alcohol and Drug,*54(3) : 369-376p.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1701-1710
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Social Marketing, Social economy and Interdependent Moroccan in ECOWAS economic space: Which potential? Which prospects?

Asmaa ABYRE[1], Meryem AIT OUALI[1], and Mohamed EL KANDILI[2]

[1]Faculty of Law, Economic and Social Sciences, Kenitra, Morocco

[2]PhD, Fez Business School, Private University of Fez, Morocco

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

ABSTRACT: Morocco, and since its independence, has adopted a political and economic approach of opening up to neighboring countries by working for the development of multilateral relations on the economic and social levels. Through this article, we try to analyze the role that the sector of the social and solidarity economy can play in the economic and social dynamics of ECOWAS. We also want to evaluate the potential that the Moroccan cooperative and artisanal sector can get from the integration of this African economic area. Marketing can be a tool for penetrating this space that is interesting to be examined.

KEYWORDS: ECOWAS, Social marketing, Local products, Moroccan cooperatives.

1 INTRODUCTION

The current economic context is characterized by a globalization of production and marketing systems. This globalization has made the markets more and more open and has made companies, through their products and services, more competitive and flexible. They all tend to develop and maintain their competitive advantages (elements of differentiation) which can be technological (invention, innovation process), social (social stability, favorable labor market: cost of human capital) and commercialization (contractualization, commercial positioning). In this context, the states themselves have had to adapt to this global geo-economic change by focusing their efforts on institutional support (system and authority of governance), legal (adequate and incentive legislation) and financial support (instruments and policy measures). Financing to more competitive and profitable economic sectors (economically and socially). Indeed, states are now making choices in investments and tend to continuously assess the relevance and impact of these choices. In this context, several countries have organized economic spaces for the exchange of goods, services and capital through free trade agreements and treaties. These include the case of some African countries grouped under the name of the ECOWAS or Economic Community of West African States. The aim is, among other things, to enable competitive sectors, through the leading national companies, to overcome the risk of saturation of local markets, to hinder competition, to take part in the race for international competitiveness, and to ensure the continuity of consumption, and thus of production and marketing between the Member States.

Morocco, and since its independence, has adopted a political and economic approach of opening up to neighboring countries by working for the development of multilateral relations on the economic and social levels. Recently, Morocco's return to the African Union is a true sign of Morocco's political and economic commitment to its continent. The speech of His Majesty King Mohammed VI in Abidjan in 2014 clearly clarified this political will of the Kingdom: “Africa must trust Africa. It is less in need of assistance, and requires more mutually beneficial partnerships”. These are the main lines of Morocco's strategy in the continent. For our case study, we will look at the sector of the Social and Solidarity Economy Morocco which has seen during the last decade a significant progress on the national and international level. We will analyze its international potential, the opportunities it can seize and its ability to penetrate external markets. For this purpose, we will focus on the case of the countries of the Economic Community of West African States (ECOWAS), which is in itself an important African economic market. We will attempt to answer the following questions:

- How can Morocco benefit from the economic space of ECOWAS through its sector of social and solidarity economy?
- How social marketing is societal can it contribute to the development of the social and solidarity economy towards this African economic market?

To answer these questions, a literature review on the link between social marketing and the economic development of regional spaces. Then, a methodology on the exploitation of data relating to our results. Finally, a conclusion will be developed to shed some light on the development of our study.

2 LITERATURE REVIEW

In the review of the proposed literature, we will focus particularly on the key concepts of social marketing, societal and solidarity through a review of the main definitions of specialists. The goal is to raise the peculiarity of these concepts and their evolution in the perception of the economic and institutional actors:

Table 1. Own elaboration

Social Marketing	
Author	Proposed definition
Kotler et Zaltman (1971)	"Social marketing is the design, implementation and control of programs designed to influence the acceptability of social ideas and involving considerations of product planning, pricing, communication, distribution and marketing"
Rangun et Karim (1991)	"Social marketing" involves: (a) changing the attitudes, beliefs and behaviors of individuals or organizations for social benefit, and (b) social change is the main (rather than secondary) purpose of the campaign "
Kotler et Roberto (1989)	"Social marketing to a campaign of social change, defined as an organized effort led by a group (the agent of change) and aimed at persuading others (target adopters) to accept, change or abandon certain ideas. , attitudes, practices and behaviors »
Alan R. Andreasen (1994)	"Social marketing is the adaptation of commercial marketing technologies to programs designed to influence the voluntary behavior of target audiences in order to improve their personal well-being and that of the society of which they are part. The key elements of this definition deserve to be developed »

Social marketing results in actions on public opinion aimed at obtaining adhesion, public action and participation, by means of techniques such as public relations, direct marketing, special events, multi-media, buzz marketing, etc (Bernard Dobiecki, 2007). The social Marketiing is is a discipline that relies on psychology, sociology, economics and anthropology in an attempt to fully understand people. Once this understanding is gained, she develops products, services and messages that provide people with an exchange they will appreciate. This concept of exchange is really important if you want to make a lasting change in behavior. It is a flexible framework in which scientists, managers and artists work together to influence behavior on a massive scale.

Table 2. Own elaboration

Societal Marketing	
Author	Proposed definition
Rangun et Karim (1991)	"Societal marketing addresses regulatory issues and other efforts to protect consumers from the" dark side of the market "and does not necessarily imply influencing target consumers"
Non-Profit Marketing or Targeted Public Target	
Author	Proposed definition
LEE. et Kotler, P (2008)	"In the non-profit marketing marketing tools and techniques are most often used to support the recruitment of volunteers, to motivate the purchase of products or derived services, to advocate with the general public, and for the Fund raising. In the commercial sector, the main objective of marketing is to adapt the offer to the needs of consumers, with a view to optimizing sales ".

We opted for a presentation of these key concepts intrinsically linked to the social and solidarity economy sector in order to draw attention to certain ambiguities existing between the three concepts.

Societal marketing should not be confused with social marketing. Societal marketing is a philosophy or state of mind that informs marketing decisions while social marketing is a separate branch of the marketing discipline. Societal marketing is concerned with the consideration of social and ethical aspects in marketing planning. Social marketing aims to facilitate social change. Indeed, social marketing is a sub-branch of marketing that began in 1971, with the publication of an article by Kotler and Zaltman, emphasizing a planned approach to achieving social change. It is primarily aimed at encouraging pro-social behavior and discouraging antisocial behavior. It is an "adaptation of commercial marketing technologies to programs designed to influence the voluntary behavior of target audiences in order to improve their personal well-being and that of the society of which they are part".

In addition, the concept of societal marketing has been a forerunner of sustainable marketing by integrating corporate social responsibility issues into commercial marketing strategies. Rangun and Karim (1991) explain that societal marketing is not about planning to change social behaviors and attitudes towards consumption, but rather aims to protect consumers from societal risks and environments in an objective and unbiased manner and without an optic to influence the choice of consumption. In fact, societal marketing inherently refers to the concept of Corporate Social Responsibility (CSR), which can be defined as the fact that the company behaves in a manner that meets or exceeds ethical, legal, commercial and public expectations. that society manifests towards businesses. In other words, it is for an organization (cooperative or social enterprise) to assert the impact of its project, its product or its actions on the local community or its environment.

This concept is of particular interest to us in that it directly affects an important target in the social and solidarity economy sector. Non-Governmental Organizations (NGOs), which work for economic and social development in disadvantaged areas, are cited through the promotion of individual or collective entrepreneurial initiative. Indeed, LEE and Kotler explain the usefulness and importance of marketing tools and techniques to motivate the purchase (social and solidarity) of products or derived services or to advocate to the general public, and to fundraising. Thus, the marketing strategy, emptied of its commercial sense, will aim, among other things, the promotion of the social and societal benefits of products resulting from solidarity or fair trade. All the marketing mix is articulated around the possible effects of local products on the target population (organized in cooperatives or AGR). However, it is important to distinguish between the content (product or service offered), its performance, and its social and societal effect.

In short, marketing specialists shed light on the transversality of the marketing concept and its capacity to be used within the framework of organizations such as NGOs or economic and social structures such as cooperatives, GIEs, associations with IGAs or social enterprises. Our interest is to know th role of social and societal marketing in the social and solidarity economy in international development (the Morocco in economic space of ECOWAS).

3 METHODOLOGY

Our methodological approach was divided into four main components:

3.1 OBSERVATION OF THE STUDY FRAMEWORK

We first carry out a study of the state of recent places on the economic space of ECOWAS. ECOWAS was established by the Lagos Treaty signed on May 28, 1975 by fifteen countries in West Africa. Cape Verde joined the Community in 1976 but Mauritania decided to leave it in 2000. Currently ECOWAS is made up of 15 countries: Benin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Cape Verde, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea-Bissau, Liberia, Mali, Niger, Nigeria, Senegal, Sierra Leone and Togo. The common objective of the community5 is: "to promote cooperation and integration in the perspective of a West African Economic Union with a view to raising the standard of living of its peoples, to maintaining and to increase economic stability, strengthen relations between Member States and contribute to the progress and development of the African continent ". While the initial objectives were mainly economic, the Community subsequently took on some common political issues. the capital experience that Morocco has been able to develop in this sector will be studied.

3.2 ANALYSIS OF THE INDICATORS

To better assess the economic potential of the area, we have studied some economic and social indicators: GDP, GDP per capita, Economic growth rate, % budget deficit in GDP, Unemployment rate, Census population, Human Development Index.

3.3 STUDY BY CHRONOLOGICAL PHASE

In terms of chronological evolution for the study of the AGR sector, we have studied two phases. Each phase includes a five-year period:

Phase 1: 2005-2010

Phase 2: 2011-2015

In addition, concerning the period of the study on the study of the economic potential of the zone and the values Morocco and Africa, the annual chronology is recent namely 2015 and 2016.

3.4 SWOT ANALYSIS

We used in our study a SWOT analysis to give an inventory of the sector of the social and solidarity economy of Morocco on the economic space of ECOWAS. This analysis allows us to understand the areas of improvement and the effect that the use of marketing can have in this sector.

4 RESULT

4.1 ECONOMIC AND SOCIAL POTENTIAL: KEY INDICATORS

For better evaluating the economic potential of the zone, it is necessary to expose in the first time some economic indicators and social:

Table 3. Economic indicators and social

Field	Indicator	ECOWAS value	Morocco value	Africa value
Economic	GDP	685 billion dollars including 481 billion registered by Nigeria in 2016	105USD billion in 2016	2,225 billion USD in 2016
	GDP per capita	352 USD/h in 2014	2878 USD/h in 2016	1 801 USD/h in 2014
	Economic growth rate	0,1 % in 2016 4,4% in 2015	1.7% in 2016	1,7% in 2016 3,7% in 2015
	% budget deficit in GDP	2.8% of GDP in 2016 1.8% of GDP in 2015	3.9% in 2016	4,4% in 2016 4,4% in 2015
	Unemployment rate	10.2% in 2016	10.3% in 2016	9,2% in 2016
	Enumerated population	356 million inhabitants	38 million inhabitants	1.2 billion inhabitants
Social	Index of human development	0,450	0,647	0,513

The reading of the data presented in Table 3, gives us highlights of the economic situation of the ECOWAS zone. That also makes it possible to position Morocco compared to a certain number of indicators and to measure its performances compared to this space. It is retained initially that the ECOWAS zone holds nearly 30% of the GDP in Africa. The GDP carried out by the zone in 2016 is tributary mainly of the performances of the exporting countries of hydrocarbons and particularly Nigeria. This country only holds with him 70% of the GDP of ECOWAS, it is to say the even strategic economic weight country in the organization. Rich person in natural resources (oil, natural gas, other ores), Nigeria remains a leader impossible to circumvent in this economic space. The arrival of Morocco, with a GDP of 105 million dollars in 2016, the country would be the second economic power of the space, follow-up of the countries like Ghana, Senegal and the Ivory Coast with GDP which do not exceed 40 million dollars. In addition, one raises a deceleration in the economic growth of the zone since 2014 which remains lower than the world growth of about 2.3% in 2016. That is explained by the budget deficit which grew hollow in 2016, passing from 1, 8% to 2, 8% of the GDP of the zone, mainly caused with the oil countries like Nigeria or Ghana which knew a fall of the export earnings of oil and gas following the exchange rate fall of barrel and a depreciation of their currency. This situation was also degraded with the fall of the direct foreign investments and other flows of capital.

In short, it is relevant to retain that within sight of the socio-economic indicators, the zone of ECOWAS can be divided into two blocks:

Block 1: It is composed of the countries with strong growth thanks to exports of their natural resources like oil and gas. These countries have an overall strong economy and an improved standard of living of the citizens. One particularly quotes Nigeria, Senegal, Ghana and the Ivory Coast. These countries thus have an economic weight and policy in the organization.

Block 2: It is composed of the countries with low growth and not having important natural resources. These countries have a fragile economy and are struck by high incidences of poverty and of unemployment. One on this subject quotes countries like Liberia, Gambia, the Sierra Leone, Mali, Burkina Faso-Faso or Niger. One can consider that their economic weight and policy would be weak or not very percussion in the organization.

One can consider the market of consumption absolute in the zone of 356 Million consumers concerning the 15 countries. These figures are to be moderated in the direction where the rate of consumption and the GDP (parity purchasing power) differ from one country to another. Certain markets all the same are retained (Table 4).

Table 4. Countries and market of consumption

Countries	Dollard/Inhabitant
Nigeria Ghana Senegal Cape Verde	6,054 3029 2352 3875

Without any doubt the CEDEAO zone is an economic zone in full change. The creation of the CEDEAO Commission in 2006 gave to this space a new impetus to develop more and pool the efforts authorized by the member countries. One retains all the same an economic growth in the two-speed zone. Indeed, the oil countries particularly Nigeria, know a growth definitely more considerable than their counterparts in the zone in particular Benin, Niger or the Sierra Leone. Lastly, force is to note the weight of Nigeria in this space. To tell the truth, this country is the first exporter towards the zone and holds thanks to its strong economic fabric of the strategic sectors for the adjoining countries. One speaks about sectors related on food safety (agricultural production or agro-alimentary) or to the economic activity of the countries very late in their development.

In addition, one can estimate right now that Morocco could have a dominating place in this space. Even if it competes with countries like Senegal, Ghana and especially Nigeria, Morocco can bring one more and present its economic model which aims at significantly reducing the energy bill and the dependence of the resources hydrocarbons. With the reading of the data presented here before, one notes that the sector of the social economy and interdependent is not sufficiently emphasized within the ECOWAS community. On this subject, Morocco can amply develop the impact of this sector like economic alternative likely to contribute to the fight against unemployment, the improvement of the living conditions of the populations in margin of the company and to even contribute to the development of the commercial exchanges.

4.2 SOCIAL AND SOLIDARITY ECONOMY IN MOROCCO: STATE OF PLACES

The sector of the social and solidarity economy in Morocco has evolved over time from independence to today. Indeed, this sector in which cooperatives operate and income-generating activities carried by associations has enabled many sections of populations, often disadvantaged, to reduce their social dependency and improve their financial autonomy.

Stage of use of cooperatives as a means of creating employment, integrating women into working life, organizing the informal sector: This step that began in the year 2000 is characterized by a growing interest in cooperatives by several donors and programs such as the NIHD launched by Her Majesty in 2005 the Green Morocco Plan. Thanks to the financial support and training provided to cooperatives in programs of several bodies concerned with the development of AGRs organized in cooperatives, in addition to ODCO's efforts to popularize the cooperative formula, the number of cooperatives has increased. reached 15,735 cooperatives and 484,124 members at the end of 2015. On this subject, it should be pointed out that this dynamic was reinforced by the promulgation of Law 112.1 in 2015, which today makes it possible to easily create the cooperative and thus reduces certain constraints in the creation related to time and status. Also, note the promulgation between 2010 and 2017, several laws and decrees to enhance the value of local products marketed by cooperatives. For example, the laws relating to the labeling "Protected Geographical Indication" and certification to safety and food standards.

To measure the importance of the sector, some key figures need to be reported (Table 5):

Table 5. Number of Cooperatives/Cooperants

Number of cooperatives in 2015	Number of cooperants in 2015	Sectors / products	Number of cooperatives	Number of cooperants
15.730	484.124	Agriculture	10.540	355.319
		Craft	2.497	35.584
		Habitat	1.144	50.285
		Argan	299	7.448
		Forests	236	9.899
		Medicinal and aromatic plants	157	3.715
		Marine fisheries	153	5 562

Also, the advent of NIHD in 2005 propelled the dynamics of the sector through support programs and the focus on income-generating activities. The Table 6 below summarizes the number of IGAs created for the two phases of the Initiative:

Table 6. The number of IGAs

Phase 1: 2005-2010			Phase 2: 2011-2015		
Number of AGRs	Number of supporting structures	Overall budget in Dirhams	Number of AGRs	Number of supporting structures	Overall budget in Dirhams
1006	120	48 Millions	6400	250	2.4 billion

In terms of evolution, the graphs below show the positive dynamics of the IGA sector:

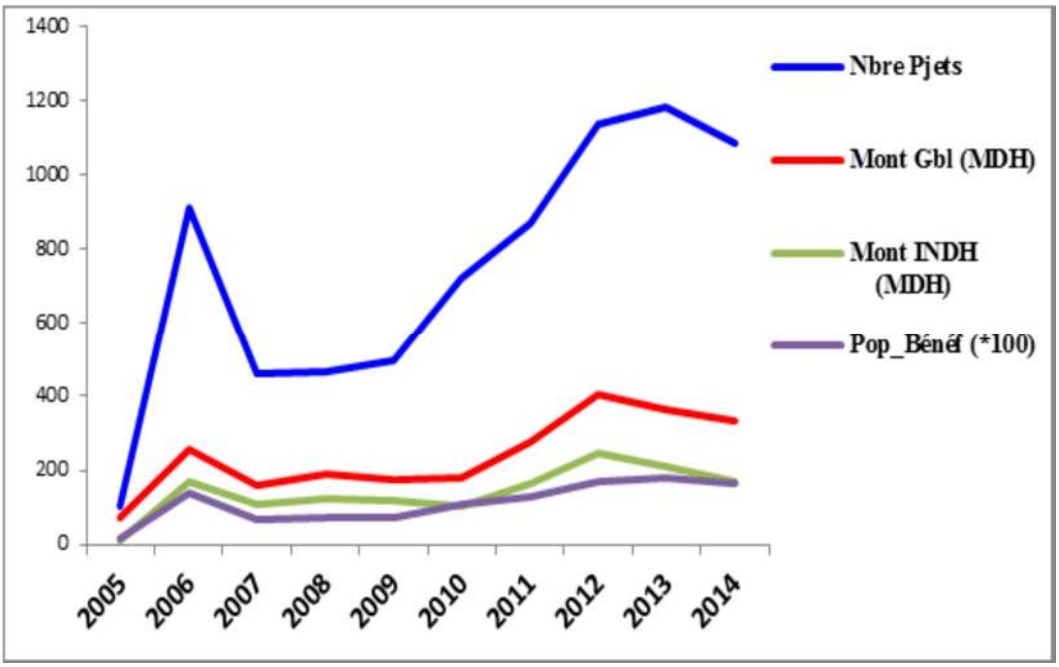


Fig. 1. Dynamics of the IGA sector

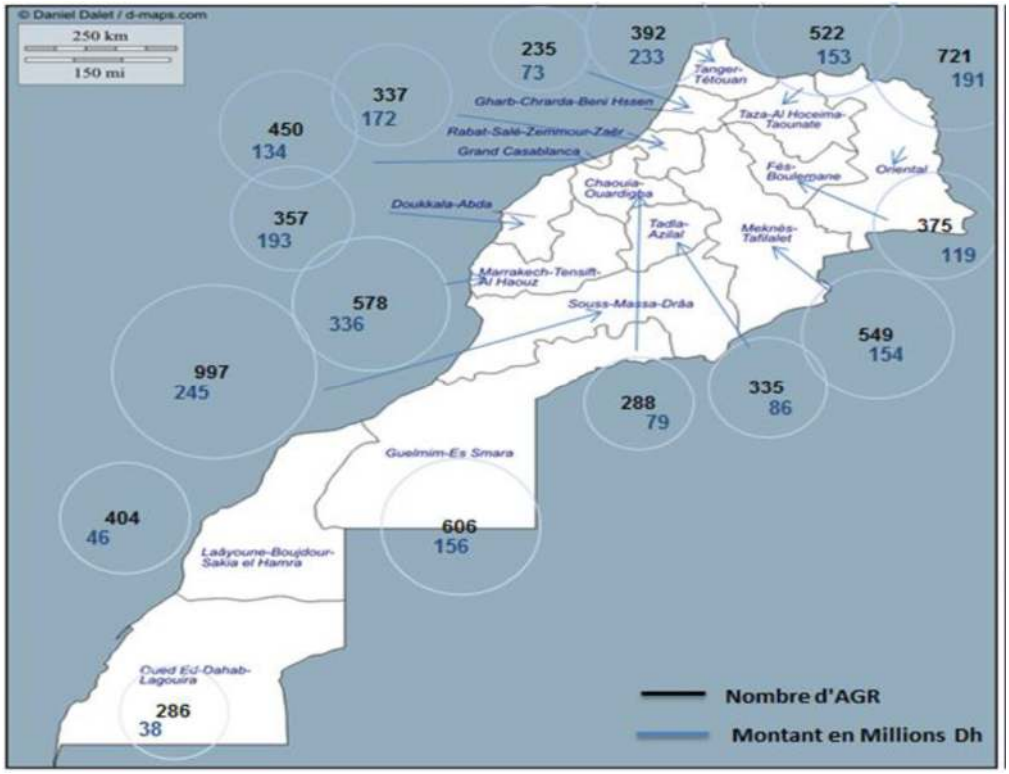


Fig. 2. Dynamics of the IGA sector

When reading the tables and graphs, we note that five sectors are concerned by the Social and Solidarity Economy. These are the following sectors:

- Agriculture including local products: Aragne and derivatives, PAM, Cactus and derivatives, Vegetable growing, etc;
- Crafts: leather, leather goods, cabinet making, traditional sewing, etc ;
- Convenience store: point of sale, retail, etc ;
- Artisanal fishing;
- Rural Tourism: Gîtes, Guest Houses;

The sector of Social Solidarity Economy in Morocco knows the intervention of several actors in different forms. We have tried to draw a mapping of the intervening actors below:

Table 7. Mapping of the intervening actors

Type of actor	Denomination	Type of intervention	Title of the intervention	Aimed target
Institutional	National Index for Human Development (NIHD)	Funding	Transversal / Urban / Rural / AGR Programs	AGR
		Training and accompaniment	FRC program	Cooperative Association
Institutional	Social Development Agency (SDA)	Training and capacity building	TKWIA Program	Association
Institutional	Cooperative Development Office (CDO)	Training and Accompaniment and Technical Assistance	MORAFAQA program	Cooperative
Institutional and political	State Secretariat for Crafts and Social and Solidarity Economy / Regions	Funding	Regional plans for the development of the social and solidarity economy	Cooperatives of craftsmen Mono artisans
		Training		
		Marketing support		
Institutional and political	Ministry of Industry, Trade and New Technologies and DCIS	Funding	RAWAJ program	Crafts Local shopkeeper

The sector of the Social and Solidarity Economy as presented in the table above knows the intervention of several actors. Moreover, it can be considered that Morocco pays particular attention to this sector by devoting a whole ministerial portfolio. Moreover, the multitude of actors and stakeholders can make public action in this sector diluted and inefficient. However, it is noted that the sector globally adopts a policy around the following axes :

a. Valorization of Moroccan terroir products with high added value;

b. Financing and technical support to high potential cooperatives;

c. Reinforcement of the technical and managerial capacities of the associative fabric and cooperating particularly in the agricultural and artisanal domains;

4.3 SWOT ANALYSIS

To give an inventory of the sector, it is proposed below a SWOT analysis:

Strengths	Weaknesses
-Strong dynamics of the sector with a large number of cooperatives specialized in economic and social sectors (agriculture, crafts, housing); -A capital experience developed by cooperatives and institutional actors over time to value; - Local products of international renown; - An advanced legal and legal framework; -Moroccan know-how to protect and enhance (heritage);	-Absence of a national public policy to support marketing in the sector; - Lack of professional qualifications for some cooperatives and associations; - Lack of specialized observatories for a general assessment of the sector and its impact on employment and the social dynamics created; - Diversity of actors and areas of intervention renders public action ineffective in the sector;
Opportunities	Threat
- The SSE sector can benefit greatly from the tourism sector and tourist flows if a national strategy is put in place; - The opening of Morocco to its African continent will highlight the sector, its products and the expertise of its actors; -ECOWAS Incentive Laws and Regulations for Handicrafts can be Entry Points for Sector Products -The sector is an additional solution to the fight against unemployment through self-employment and individual or collective initiative;	- Changes in legislation (eg increased import duties on raw materials) may be detrimental to some sector activities; - Changes in tax revenue laws may make activity in the sector less attractive or competitive; -The non-preservation or patrimonialization of certain trades (master craftsmen and disciples) risks annihilating certain activities;

5 SOCIAL AND SOCIETAL MARKETING APPROACH

How Marketing can contribute to strengthening Morocco's place in the ECOWAS region?

We try in this part of this article to unravel the role that marketing can play in its various forms in the valuation of the sector and therefore, contribute to strengthening the future position of Morocco in this economic space. The adoption of a marketing strategy on the institutional and operational levels is a priority in order to promote Moroccan products and services. In this regard, this strategy should be based on the key concepts mentioned above:

- Social Marketing: In order to promote the contribution of Social and Solidarity Economy in the social and economic development of territories and populations. The marketing strategy must be planned in the long term and work to change the behaviors and habits of the actors (institutional and final consumers) in order to act on the purchasing behavior: purchase from the cooperatives by the administrations, purchase of the products and derived by end customers;
- Societal Marketing: operators in the sector, particularly producers and traders, must develop a marketing approach that allows consumers to recognize their importance and roles in local society: the cooperative must be considered and perceived as a vector of social and food stability;

- Non-profit Marketing: operators in the sector, particularly relay associations or Non-governmental organization, must adopt a communication approach with ECOWAS bodies to enhance their role and impact in the fight against poverty and social exclusion of populations.

5.1 PROSPECTS AND FUTURE CHALLENGES

We saw in the SWOT analysis of the sector, the intervention of several actors in different postures: funders, trainers, legislators, etc. Thus, in front of an organization like ECOWAS, it is essential to have a solid, coherent and complementary organization capable of carrying the Social and Solidarity Economy project within the community, defending it and negotiating. As a general rule, the diversity of actors at different scales reduces reactivity, harms the organization and eventually wears out the interlocutor. It is proposed to initially initiate a core of experts on the theme including all actors in the value chain. We propose the following actors:

1. National Index for Human Development (NIHD)
2. Ministry of Foreign Affairs, State Secretariat for African Affairs;
3. Panel of academics: sociologists and economics;
4. Moroccan Agency for Development of Investments and Exports (FMEA);
5. Ministry of Tourism, State Secretariat for Handicrafts and Social and Solidarity Economy;
6. Office for Development of Cooperatives (ODECO);
7. Agricultural Development Agency (ADA);
8. National Office of the Agricultural Council (ONCA);

The role of this think tank is to prepare the entire commercial, economic and social approach to the sector as part of the integration of ECOWAS.

The Moroccan Social and Solidarity Economy sector has undergone a very positive evolution since independence to today. This sector has been able above all to create a local economic and social dynamic and to establish the cooperative spirit in many rural areas of the Kingdom. In terms of social impact, the sector has strongly contributed to the empowerment of the populations and particularly the rural woman. On the economic side, the sector has been able to promote certain local products and make them marketable. We are even witnessing the transformation of some mature cooperatives into economic enterprises capable of generating profits and securing jobs.

These strengths of the sector cannot be realized without the consolidation of the efforts of all the actors and this by working, inter alia, the following axes:

- **Axis 1**: The development of a common sector development strategy at national and international level where all actors act in a convergent manner;
- **Axis 2**: The development of the Moroccan terrier product: patrimonialization, international referencing, opening on the Asian, African and Latin American markets;
- **Axis 3**: The creation of monitoring and data collection systems for the entire sector in terms of employment, market values, market quantities, social and societal impacts so as to permanently have all the objective and technical arguments relating to the sector.

6 CONCLUSION

In conclusion, the aim of this article was to measure the role that social and societal marketing can play in strengthening the offer of the social and solidarity economy sector. This role is important especially in a phase of integration into a new African economic area until little known by the actors and operators. We have tried to expose the entire organization of ECOWAS to better understand the existing economic and political relations and also to determine the main issues. We have distinguished the role of the oil countries in this organization, particularly Nigeria. The entry of Morocco can create an imbalance in the already established relations because of its economic weight, its opening to the European space (geographically and politically) and its political weight compared to member countries (Senegal and Mali) related with Morocco by indefectible historical relations. The Social and Solidarity Economy Sector is a concrete way to convince the member countries of the role of this sector in the economic and social stability of unattractive or very poor areas. Morocco can bring its expertise and share its experience in this field provided that a strategy and an approach mechanism are well established, studied and concerted between all the actors in this ecosystem. Morocco's openness to these countries through the Social and Solidarity Economy could even attract huge investments in research and development and establish concerted and sustainable

partnerships. For example, Morocco, through the National Human Development Index, has contributed its expertise in the implementation of the Gabonese Human Investment Strategy (GHIS) since 2015. His expertise has involved the development of partnerships around concert projects: creation of cooperatives, formation of associations, creation of a hemodialysis center, etc. This is an example to capitalize on for cooperation with ECOWAS member countries eventually.

REFERENCES

[1] ALAN R. ANDREASEN, Social Marketing: Its Definition and Domain, Journa of Public Policy & Marketing, Spring 1994, 108-114.
[2] ANDREASEN, A. et KOTLER, P., Strategic Marketing for Nonprofit Organizations, Upper Saddle River, New Jersey, PEARSON Prentice Hall, 2008, p. 27.
[3] ANDREASEN, A., GOODSTEIN, D., WILSON, Transferring "Marketing Knowledge" to the Nonprofit Sector, California Management Review, 2005, Vol. 47 Issue 4, p.52.
[4] Bado, Le “P.I.B.” des pays de la CEDEAO, 2010.
[5] Base Régionale Eurotrace de la Commission de la CEDEAO, 2006.
[6] BELANGER Marie-Eve, Fondements théoriques et origines de l'Union européenne : la récursivité de l'élargissement comme principe ordonnateur du modèle communautaire, Thèse de doctorat en philosophie en sciences politiques, Ecole d'Etudes Politiques, Faculté des Sciences Sociales, Univerisité d'Ottawa, 2014.
[7] BOUSSETTA.M, KHARBOUCHE. SIHAM, Responsabilité Sociale des Entreprises au Maroc, Revue Marocaine de Recherche en Management et Marketing N°9-10, Janvier-Décembre 2014.
[8] DOBIECKI Bernard (2007), Marketing social : du non-profit au profit collectif, ed. ESKA 2007/2 (Vol. 7)
[9] ECOWAS Revised Treaty, ECOWAS Commission, 1993, Abuja, Nigeria.
[10] KOTLER, P. et LEE, N., SOCIAL MARKETING Influencing Behaviors for Good, Los Angeles, SAGE Publications, 2008, p.14.
[11] Law 112.12 on Cooperatives, Official Bulletin No. 6813, 2014, Page 8481.
[12] Pillet.A, Le marketing social et solidaire, éditions L'Ami, Paris, 2006.
[13] Report of the 2005-2015 INDH Review, published on the occasion of the 10th anniversary of the INDH
[14] Schmidt.V.A (2008). "Discursine institutionnalism : The explanatory power of ideas and discourse", Annual Review of Political Science, 11:1, 303-326.
[15] Schuman,R. (9 mai 1950), Déclaration Schuman au salon d l'Horloge, Paris, consulté le 29 décembre 2017, depuis: http://europa.eu/abc/symbols/9-may/decl_fr.htm
[16] Speech of His Majesty, King Mohammed IV in Abidjan, Ivory Coast in 2014.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1711-1717
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Cocoa Beans Fermentation Degree Assessment For Quality Control Using Machine Vision and Multiclass SVM Classifier

YRO Aubain[1], N'ZI Edié Camille[1], and KPALMA Kidiyo[2]

[1]Electronique et Electricité Appliquées, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

[2]Institut d'Electronique et Télécommunications, Institut National des Sciences Appliquées, CS 70839 - 35 708 Rennes Cedex 7, France

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

ABSTRACT: Traditionally, a cut-test is used to assess the cocoa fermentation degree for a quality control aims. However, this method is subjective and presents several drawbacks. In this paper, a reliable machine vision system was proposed to automatically identify and classify cocoa beans (*Theobroma cacao L.*). The approach developed in this study uses color features and a support vector machine-based method for cocoa beans classification according to the fermentation degree. To outline this approach, firstly, images were acquired, and beans were separately identified from the background. After that, color features were extracted in each component of RGB, HSV and YCbCr color spaces and were used to describe cocoa beans fermentation degree. Then, a selection procedure of the best cocoa beans descriptor combination was developed. Finally, SVM model was built to discriminate unfermented, partly fermented and well fermented cocoa beans. This model was 10-fold cross-validated to ensure its stability. Using selected descriptors, our approach had a discrimination rate of 100% in both training and prediction set. The results show that, machine vision system coupled with SVM model can rapidly, accurately, and reliably discriminate cocoa beans according to the fermentation degree compared to the traditional classification methods.

KEYWORDS: Cocoa beans, fermentation, classification, machine vision, SVM.

1 INTRODUCTION

Before any processing into finished products, the cocoa beans must undergo a post-harvest treatment. Fermentation is one of the most important operations of this process [1] because it improves the final quality of the product and the processors always demand cocoa beans being well fermented, as it assures the development of the aroma precursors and the cocoa flavor [2]. According to [3], the degree of fermentation is strongly correlated with cocoa quality attributes such as reducing sugars, free amino acids and bean pH. Likewise, a good fermentation contributes to the reduction of bitterness and astringency of cocoa.

Generally, a « cut test » is used to assess fermentation degree of a cocoa bean bulk [4]. It consists in cutting a bean lengthwise and visually analyzing its internal color in the day light. At the end of this analysis, the beans are divided according to their degree of fermentation into three different classes: the well-fermented beans (WF) are characterized by the brown color while the violet and slatey colors indicate respectively partially fermented beans (PF) and unfermented (UF) [3]. In each class, the beans are counted and then their percentage is estimated according to 300 beans examined. This visual classification system is the standard method currently used to evaluate the quality and acceptability of marketable cocoa. However, this approach is qualitative, tedious and quite subjective. Lopez et al. [5] also noted that it is very limited in the evaluation of defects and color of cocoa beans. In addition, it can be inefficient for large volumes of cocoa beans because of human errors.

To overcome these limitations, other quality control methods such as spectrophotometry [6], high performance liquid chromatography, Fourier transform infrared spectroscopy [7] and imaging [1] have been proposed. However, even if all these methods of analysis are reliable and precise, they are time consuming, laborious, expensive and require more expertise. Such

systems cannot be used for routine checks on the quality of commercial cocoa beans. Therefore, a quick and reliable method is essentially required to classify cocoa beans for quality control.

Computer vision has emerged in recent years as a reliable technology in the assessment of the quality of agricultural and food products [8], [9]. Machine vision combines image analysis and machine learning techniques to provide automated inspection [1]. It is more economical, quick, reliable, and non-destructive [2]. Computer vision systems have been used successfully for quality control of products such as apples [10], rice [11] and tomatoes [12].

The aim of this study is to propose a simple, rapid and reliable system based on artificial vision for the automatic classification of cocoa beans. In this approach, the cocoa bean image was first isolated from the whole image background. Next, color descriptors were calculated on each color component of cocoa image. Indeed, as previously mentioned, color is the main attribute used to discriminate different fermentation levels of cocoa beans. RGB, HSV and YCbCr color spaces were used in this study. Then, we proposed a selection procedure of the optimal fusion descriptors to discriminate cocoa beans. Finally, a Support Vector Machines (SVM) model was built for the cocoa bean classification.

The paper is organized as follow. Machine vision based cocoa beans classification method is presented in section 2. Then, experimental results are provided in section 3. Finally, section 4 concludes and gives perspectives for future work.

2 MATERIELS AND METHOD

2.1 COCOA BEANS SAMPLE PREPARATION

The cocoa pods were procured for the study from Bongouanou, Côte d'Ivoire on January 2018. All the cocoa samples analyzed were of *Forastero* variety. The ripe pods were opened; and the beans were removed, fermented and sun-dried.

Cocoa beans fermentation process was carried out according to producer usual practice. Every two days, they were stirred and after six days all the beans were sundried. The moisture content of the dried beans was approximately in range 7.5-8%.

For this experiment, 1000 beans were randomly selected and a cut-test was performed by a quality control expert. Thus, the beans sample were classified into three different classes according to cocoa fermentation level (Fig.1).

(a) (b) (c)

Fig. 1. Different fermentation level of cocoa beans: (a) unfermented bean, (b) partly fermented bean and (c) well fermented bean

After the analysis, 50 beans were selected for each fermentation class previously defined. Then, in order to form a set of 150 image samples, an image of each bean was also acquired using the system described in section 2.2. This set was randomly divided into two groups. The training set which contained 90 samples were used to build the discrimination model. The remaining 60 beans were used as a validation set to predict the performance of the fitted model. Table 1 shows the number of cocoa beans samples used for training and validation sets.

2.2 IMAGES ACQUISITION

In this study, a machine vision system was developed to assess fermentation level of cocoa bean samples. The image acquisition was done using a color GigE Vision camera (SONY XCG-5005C, 2/3-type, CCD sensor, 2448x2048 spatial resolution, China), mounting an appropriate lens (Fujifilm corporation, model HF16HA-1B, f = 16 mm F1.4-F16, 2/3" color camera, Japan). Each capture has 512x512 pixels and encoded on 8 bits per channel in RGB color space. The GigE Vision dedicated acquisition board was used to transfer camera information to the HP computer (Core-i5, 2.8 GHz, 8 GB). Two white-light LEDs (18 W), placed on either side of the camera, were used to illuminate the object placed on a blue background at 50 cm away from the camera lens.

Table 1. Number of cocoa samples used for training and detection sets.

Cocoa beans	Samples per each fermentation level						Training	validation	Total
	Unfermented		Partly fermented		Well-fermented				
	Training	validation	Training	Validation	Training	validation			
Number of beans	30	20	30	20	30	20	90	60	150

An overview of the machine vision based method for cocoa beans fermentation level assessment is shown in Fig. 2 and the following subsections discuss the details of this method.

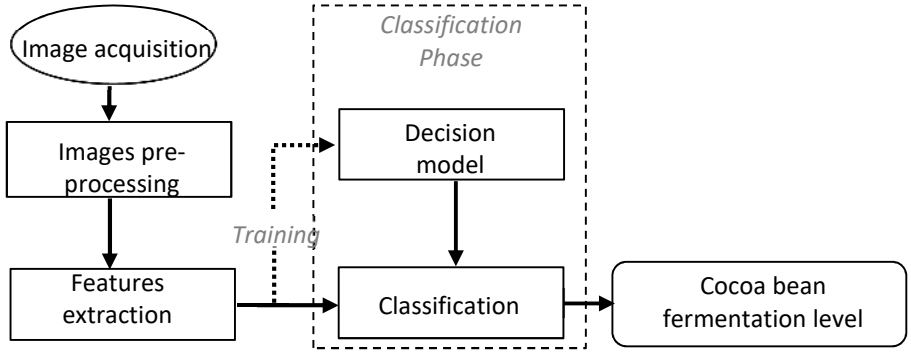


Fig. 2. Classification flow chart for cocoa beans using a machine vision

2.3 IMAGES PRE-PROCESSING

This step consists of noise removal and image segmentation (Fig.3).

In order to reduce the noise due to acquisition conditions, a median filter was applied. Then, an unsupervised segmentation method was used to extract the cocoa bean from their background. For this, Otsu's algorithm [13] was used to create a bit mask in which the background is 0 and the object is 1. Otsu's method is based on the study of the variance of the grayscale to search automatically a threshold value that separates the pixels belonging to the background from those of the object. Subsequently, the holes in the mask obtained [9] previously were filled by applying a morphological opening. Finally, the logical AND operation between the mask and the original image was used to isolate the bean from its background. Thresholding algorithm was implemented in the value component of HSV color space. The segmentation process is shown in Fig.4.

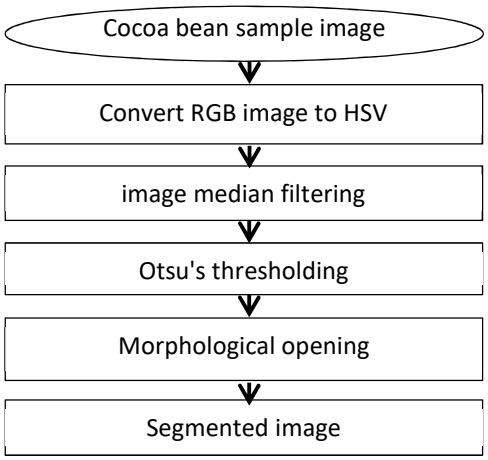


Fig. 3. Segmentation flow chart of a cocoa bean

(a) (b) (c) (d)

Fig. 4. Segmentation process: (a) Original image, (b) Otsu's thresholding, (c) Morphological opening, (d) segmented image

2.4 FEATURES EXTRACTION

2.4.1 EXTRACTING COLORS DESCRIPTORS

Color changes ranging from purple to brown have been reported during the cocoa beans fermentation process. Thus, colors are used as measures of fermentation degree. In this study, color features of beans are quantified as the descriptors for classifying cocoa beans with different fermentation stages. The Eq. 1 to 6 [9] were applied to calculate the *mean, variance, skewness, kurtosis, entropy and energy* on each image color component and then, they were concatenated in order to generate a feature vector for each cocoa beans image.

However, color images are exposed as different forms in different color spaces [14]. For this reason, descriptors extracted from RGB, HSV and YCbCr color spaces were evaluated.

RGB space is a widely used color space for image display. It is composed of three color components: red, green and blue. Generally, other color spaces are derived from the RGB space considered as the basic color space [14]. All our images are acquired in this standard system.

HSV space is frequently used in computer graphics. It is more closely related to the human perception of colour than RGB color space. The three color components are hue, saturation and value. In order to convert RGB to HSV colour space rgb2hsv function in MATLAB 2017a can be used.

YCbCr is a family of color spaces used in video systems. Y is the luminance component and Cb and Cr the blue and red chroma components. To convert RGB to YCbCr colour space, rgb2ycbcr function in MATLAB 2017a can be used.

$$mean = \sum_{k=0}^{N} kp(k) \quad (1)$$

$$\text{variance} = \sum_{k=0}^{N} (k-\mu)^2 p(k) \quad (2)$$

$$skewness = \frac{1}{\text{variance}^{\frac{3}{2}}} \sum_{k=0}^{N} (k-\mu)^3 p(k) \quad (3)$$

$$kurtosis = \frac{1}{\text{var}^{\frac{1}{2}}} \sum_{k=0}^{N} (k-\mu)^4 p(k) \quad (4)$$

$$entropy = -\sum_{k=0}^{N} p(k) \ln(p(k)) \quad (5)$$

$$energy = \sum_{k=0}^{N} [p(k)]^2 \quad (6)$$

Where *p(k)* is the relative frequency of a gray level k and N is the total number of gray levels in the image.

2.4.2 EFFECTIVES DESCRIPTORS SELECTION

In general, the performance of color image classification model depends on the set of selected descriptors. Thus, statistical methods, such as Principal Component Analysis (PCA), are applied to determine a subset containing the maximum image information from a set of descriptors[15]. Our approach differs from that commonly used selection process. We aim to evaluate several descriptor vectors separately in order to select the best vector as the input descriptor to generate the final model. Therefore, we propose to construct and to select a descriptor vector of cocoa beans fusing colors features defined on one or more color spaces previously described.

For convenience, descriptor vector was defined in each color space. Then, to train the discrimination model, different descriptor vector combinations were evaluated. First, a descriptor vector was selected and 10-fold cross-validated. Then it is combined with other descriptor vectors and the whole was evaluated once more. Finally, the best combination is the one with the highest accuracy.

2.5 DECISION MODEL DEVELOPMENT

Support Vector Machine (SVM) based-model were developed for classifying cocoa beans using color descriptors. SVM is a binary classification method by supervised learning. It was introduced by Vapnik in 1995 [16]. SVM model works to find a linear hyperplane that separates data and maximizes the distance between the two classes. It selects the hyperplane that maximizes the margin. Therefore the problem of optimization under the following constraints is to be deduced [17]:

$$\begin{cases} \min \|w\| \\ \\ \forall i,\ y_i (w^T x_i + b) \geq 1 \end{cases}, \qquad (7)$$

When the data are not linearly separable, the variables C and $\xi = \{\xi_1, \xi_2, ..., \xi_n\}$ are introduced to soften the constraints (Eq.8). In this case, a kernel function is used to transform the space of the input data into a larger space in which it is possible to find a separating hyperplane [18]:

$$\begin{cases} \min \frac{1}{2}\|w\|^2 + C\sum_{I=1}^{N} \xi_i \\ \text{subject to} \quad \begin{cases} \xi_i \geq 0 \\ \forall i, y_i (w^T x + b) \geq (1 - \xi_i) \end{cases} \end{cases} \qquad (9)$$

In this study, multiclass SVM classifier with radial basis function kernel were used. This classifier was developed using an open source library LIBSVM [19]. The margin and kernel parameters of the classifiers were determined using grid search and 10-fold cross-validation.

3 RESULTS AND DISCUSSION

In order to test classifier system, 90 cocoa beans images were used from a total of 150 images. The remaining 60 beans were used as validation set to predict the performance of the fitted model.

3.1 EFFECTIVE DESCRIPTOR SELECTION

Seven descriptor vector combinations were performed from three colors spaces to implement model for cocoa beans classification based on colors features measurement. Then, each of them was 10-fold cross-validated for selecting the most effective descriptor vector. This process has been run 20 times in order to increase the number of estimates. Table 2 presents the descriptor vectors as well as the number of features used to select the most discriminative descriptors and the obtained cross-validation (CV) accuracy. We notice that descriptors vectors HSV, HSV+YCbCr and RGB+HSV+YCbCr containing respectively 18, 36 and 54 features get higher CV accuracy. Therefore, these features vectors were used as final discriminative vectors to train the whole training set and generate the final classification model.

Table 2. Results of the most discriminative features selection using 10-fold cross-validation

Descriptors vectors	Number of features	CV accuracy (%)
RGB	18	95,56
HSV	**18**	**100**
YCbCr	18	96,67
RGB + HSV	36	96,67
RGB + YCbCr	36	98,89
HSV + YCbCr	**36**	**100**
RGB + HSV +YCbCr	**54**	**100**

3.2 CLASSIFICATION

After selecting the most discriminative descriptors, classification was performed using each of them in order to compare the results obtained. Table 3 shows the results of cocoa bean classification using SVM classifier coupled with color features extracted in three color spaces.

Table 3. Results of cocoa bean classification using SVM classifier coupled with different combination of color features extracted in RGB, HSV and YCbCr color spaces.

Descriptors vectors	Number of features	Discrimination result	
		Recognition rate (%)	Accuracy rate (%)
RGB	18	97,78	96,67
HSV	**18**	**100**	**100**
YCbCr	18	98,89	98,33
RGB + HSV	36	**100**	**100**
RGB + YCbCr	36	98,89	98,33
HSV + YCbCr	**36**	**100**	**100**
RGB + HSV +YCbCr	**54**	**100**	**100**

It can be noted that the classifier system using selected descriptor had a discrimination rate of 100% as well for the recognition as for the prediction. Furthermore, through the analysis of table 3, we notice that the classifier system with the inputs selected descriptors by 10-fold cross validation have a higher classification accuracy than the other descriptor.

As can be seen, the descriptors extracted from the HSV color space are more discriminating than those calculated from the RGB and YCbCr color spaces. In general, combinations of descriptors extracted from several color spaces significantly improve the classification results of cocoa beans. These results show that the method proposed in this article is robust to classify cocoa bean samples according to fermentation degree with an accuracy of 100% in both raining and validation set.

4 CONCLUSION

In this study, a computer vision system was proposed for the classification of cocoa beans according to their fermentation degree. This classification system is based on supervised learning techniques known as vector support machine (SVM). First, the bean images were acquired and then segmented to separate them from the background of the image. Once the images were identified, the color features were extracted from RGB, HSV and YCbCr spaces. Then we proposed a selection procedure of the best discriminative descriptors vector. Finally, SVM model used the selected descriptors to classify cocoa beans according to the fermentation degree. The results of this study showed that the machine vision system coupled with SVM model can be used for the classification of cocoa beans.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was funded by the Strategic Support Program for Scientific Research of Côte d'Ivoire (PASRES-CI).

REFERENCES

[1] N. León-Roque, M. Abderrahim, L. Nuñez-Alejos, S. M. Arribas, et L. Condezo-Hoyos, « Prediction of fermentation index of cocoa beans (Theobroma cacao L.) based on color measurement and artificial neural networks », *Talanta*, vol. 161, p. 31-39, déc. 2016.

[2] M. Barel, *Qualité du cacao: l'impact du traitement post-récolte*. Editions Quae, 2013.

[3] E. Teye *et al.*, « Estimating cocoa bean parameters by FT-NIRS and chemometrics analysis », *Food Chem.*, vol. 176, p. 403–410, 2015.

[4] J. E. Kongor, J. F. Takrama, A. S. Budu, H. Mensah-Brown, et E. O. Afoakwa, « Effects of fermentation and drying on the fermentation index and cut test of pulp pre-conditioned Ghanaian cocoa (Theobroma cacao) beans », *J. Food Sci. Eng.*, vol. 3, n° 11, p. 625, 2013.

[5] L. A.S et D. P.S, « Cocoa fermentation, in: Biotechnology: A Comprehensive Treatise », *Enzymes, Biomass, Food and Feed*, p. 563-577, 1995.

[6] K. B. Gourieva et O. . Tserrevitinov, « Method of evaluating the degree of fermentation of cocoa beans », *USSR Patent*, 1979.
[7] E. Teye, X. Huang, H. Dai, et Q. Chen, « Rapid differentiation of Ghana cocoa beans by FT-NIR spectroscopy coupled with multivariate classification », *Spectrochim. Acta. A. Mol. Biomol. Spectrosc.*, vol. 114, p. 183–189, 2013.
[8] D. Mery, F. Pedreschi, et A. Soto, « Automated design of a computer vision system for visual food quality evaluation », *Food Bioprocess Technol.*, vol. 6, n° 8, p. 2093–2108, 2013.
[9] V. Muracciole, « DEFINITION ET MISE EN PLACE D'UN OUTIL TEMPS REEL D'ANALYSE DES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES SEMENCES SECHES », UNIVERSITE D'ANGERS, ANGERS, 2009.
[10] A. Mizushima et R. Lu, « An image segmentation method for apple sorting and grading using support vector machine and Otsu's method », *Comput. Electron. Agric.*, vol. 94, p. 29–37, 2013.
[11] C.-L. Chung, K.-J. Huang, S.-Y. Chen, M.-H. Lai, Y.-C. Chen, et Y.-F. Kuo, « Detecting Bakanae disease in rice seedlings by machine vision », *Comput. Electron. Agric.*, vol. 121, p. 404-411, févr. 2016.
[12] P. Wan, A. Toudeshki, H. Tan, et R. Ehsani, « A methodology for fresh tomato maturity detection using computer vision », *Comput. Electron. Agric.*, vol. 146, p. 43-50, mars 2018.
[13] N. Otsu, « A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms », *EEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, p. 62-66, 1979.
[14] S. Sabzi, Y. Abbaspour-Gilandeh, et H. Javadikia, « Machine vision system for the automatic segmentation of plants under different lighting conditions », *Biosyst. Eng.*, vol. 161, p. 157-173, sept. 2017.
[15] N. El-Bendary, E. El Hariri, A. E. Hassanien, et A. Badr, « Using machine learning techniques for evaluating tomato ripeness », *Expert Syst. Appl.*, vol. 42, n° 4, p. 1892-1905, mars 2015.
[16] V. N. Vapnik, *Statistical learning theory*, Wiley. New York, 1998.
[17] A. Djeffal, H. E. Rais, et M. C. Babahenini, « Un système de tri automatique des dattes par SVM 1vsR », *Rev. Sci. Technol.*, vol. 3, 2012.
[18] L. Wang, « Support Vector Machines: Theory and Applications », *Springer*, 2005.
[19] C.-C. Chang et C.-J. Lin, « A Library for Support Vector Machines », *National Taiwan University, Taipei, Taiwan*.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1718-1725
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Caractérisation technique des élevages des ruminants dans la ville de Niamey (Niger)

[Technical characterization of ruminant farming in the city of Niamey (Niger)]

ISSOUMANE SITOU Moustapha, MAHAMAN MALAM MOUCTARI Ousseini, DJIBJI Inoussa, and CHAIBOU Mahamadou

Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, BP : 10960 Niamey, Niger

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

ABSTRACT: A study was conducted for eight weeks (July to September 2015) in the city of Niamey, to characterize the technical conduct of ruminant farms. It involved two hundred and five ruminant farmers (small ruminants and dairy cattle), six livestock feed dealers and the five communal managers of livestock services. This study shows that almost all ruminant farmers (91.70%) are men, (90.73%) married, (48.29%) aged between 31 and 50 years. With regard to rearing diversity, seven types of herds were observed: cattle (23.41%), sheep (18.04%), goats (0.97%) cattle-sheep (19.51%), cattle-goats (10.24%), cattle-sheep-goats (20.00%) and sheep-goats (7.80%). Food used to feed ruminants consists of natural pastures, crop residues, agro-industrial by-products and kitchen by-products. Regarding the mode of reproduction, it is the free projection which predominates with a touch of artificial insemination in cattle urban dairy farming. Outside food (main constraint confirmed by 100% of respondents); these are flights 31.62%, lack of space 27.62%, diseases 30.15% and the absence of technical extension agents 30.15% which limit the development of this breeding.

KEYWORDS: diversity, dietary practices, management practices, Niamey, Niger.

RÉSUMÉ: Une étude a été conduite durant huit semaines (juillet à septembre 2015) dans la ville de Niamey, afin de caractériser les conduites techniques des élevages des ruminants. Elle a intéressé deux cent cinq éleveurs des ruminants (petits ruminants et bovins laitiers), six revendeurs d'aliments bétail et les cinq directeurs communaux des services d'élevages. Il ressort de cette étude que la quasi-totalité des éleveurs des ruminants (91,70%) sont des hommes, (90,73%) mariés, (48,29%) ayant âge compris entre 31 à 50 ans. En ce qui concerne la diversité d'élevage sept types de troupeaux ont été observés : bovins (23,41%), ovins (18,04%), caprins (0,97%) bovins-ovins (19,51%), bovins-caprins (10,24%), bovins-ovins-caprins (20,00%) et ovins-caprins (7,80%). Les aliments utilisés pour nourrir les ruminants sont constitués des pâturages naturels, des résidus de cultures, des sous-produits agro-industriels et des sous-produits de cuisine. En ce qui concerne le mode de la reproduction c'est la saillie libre qui prédomine avec un effleurement de l'insémination artificielle dans les élevages bovins urbains laitiers. En dehors de l'alimentation (contrainte principale confirmée par 100% des enquêtés) ; ces sont les vols 31,62%, le manque d'espace 27,62%, les maladies 30,15% et l'absence des agents techniques de vulgarisation 30,15% qui limitent le développement de cet élevage.

MOTS-CLEFS: diversité, pratiques alimentaires, pratiques de gestion, Niamey, Niger.

1 INTRODUCTION

Au Niger, l'élevage joue un rôle majeur dans la vie socio-économique et l'équilibre alimentaire des populations [1], [2]. Cet élevage repose sur l'exploitation des pâturages naturels et des résidus de cultures [3]. Il regorge d'énorme potentialités qui mieux exploitées et gérées pourraient améliorer de manière significative la sécurité alimentaire et le revenu des populations [4]. Malgré ses potentialités indéniables, l'élevage des ruminants reste confronté à des contraintes dont les principales sont : les sécheresses chroniques et répétitives ayant pour conséquence un déficit alimentaire constant, la pression démographique entrainant une concurrence entre les cultures et les animaux pour l'occupation de la terre et enfin les pathologies récurrentes [5]. Ainsi, le déficit alimentaire pose problème avec acuité dans les grandes agglomérations telle que la ville de Niamey où l'alimentation des animaux apparait comme le principal défi majeur à relever.

Corresponding Author: ISSOUMANE SITOU Moustapha

La présente étude vise à diagnostiquer les conduites techniques de l'élevage des ruminants dans la ville de Niamey. Elle s'intéresse en particulier à la diversité de cet élevage, aux pratiques alimentaires et de productions ainsi que les contraintes afin de proposer des options de développement.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

L'étude a été conduite durant la campagne hivernale pendant huit semaines (entre juillet et septembre) 2015 dans la ville de Niamey ex Communauté Urbaine de Niamey (CUN). La ville de Niamey est localisée au bord du fleuve Niger dans la partie ouest du pays, entre 2° 10' et 2° 14' de longitude Est et 13° 33' et 13° 36' de latitude Nord. Elle couvre une superficie d'environ 12 500 ha [5]. Elle se présente en deux (2) zones : la zone urbaine qui correspond à la grande agglomération de Niamey subdivisée en cinq arrondissements communaux et la zone périurbaine qui comprend tous les villages administrativement liés aux communes et situés de 5 à 15 km autour de la ville de Niamey [6]. Le réseau hydrographique de la ville de Niamey est marqué principalement par le fleuve Niger qui traverse la ville sur environ 15 km et auquel s'ajoutent quelques mares permanentes ainsi que de nombreuses mares temporaires [7]. Son climat est tropical du type soudano-sahélien caractérisé par une température moyenne de 35°C avec un maximum de 45°C en avril, un minimum de 15°C en janvier. La pluviométrie moyenne est de 500 mm/an variable selon les années [6]. On y rencontre en général une végétation arbustive clairsemée et des herbacées à apparition saisonnière. Dans les bas-fonds, la nature du sol et la proximité de l'eau sont propices au développement d'une végétation naturelle assez dense. La figure 1 présente les limites des cinq arrondissements communaux de la ville de Niamey.

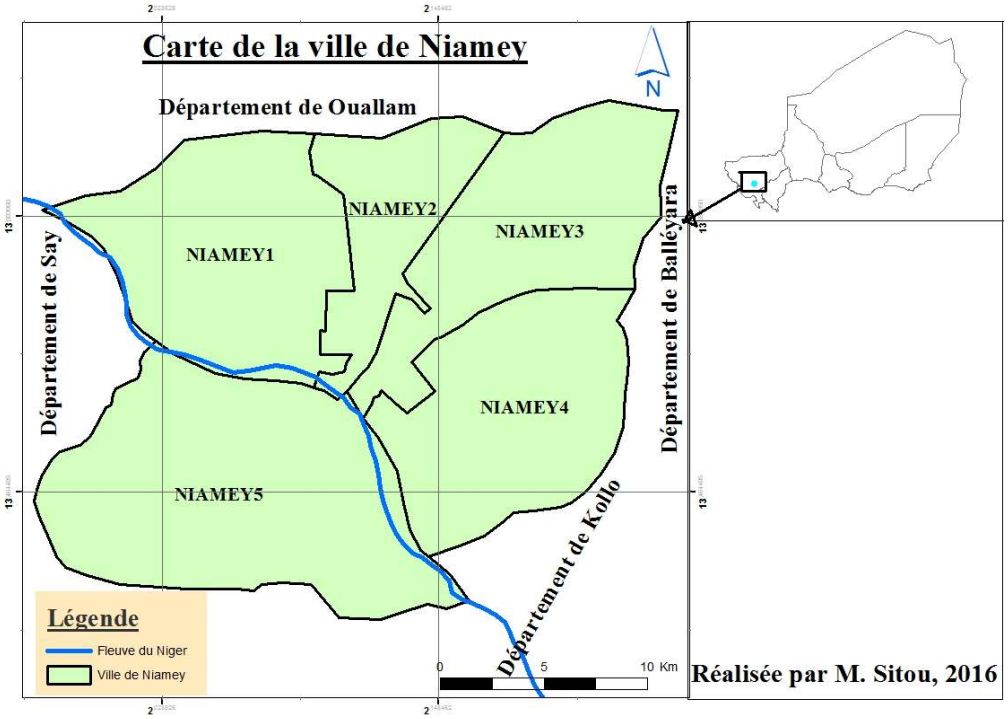


Fig. 1. Carte de la ville de Niamey

2.2 MÉTHODE D'ENQUÊTE

L'enquête a concerné les éleveurs des ruminants, des revendeurs d'aliments bétail sur trois points de ventes d'aliments bétail se trouvant sur les grandes voies de la ville de Niamey ainsi que les directeurs communaux des services d'élevages de Niamey. L'enquête ménage a été conduite au niveau de vingt-deux quartiers et villages administratifs sélectionnés grâce à un échantillonnage aléatoire simple à partir de la liste des quartiers et villages agricoles se trouvant dans un rayon de 15km à partir de centre-ville de Niamey. Au total deux cent cinq éleveurs dont 85 en zone urbaine et 120 en zone périurbaine ont été enquêtés durant huit semaines. Six revendeurs d'aliments bétail ont été questionné au niveau de trois points de vente d'aliments bétail se trouvant sur les grandes voies de la ville en raison de deux revendeurs par point de vente. Enfin des informations générales ont été collectées auprès des cinq directeurs communaux des services d'élevages de la ville de Niamey.

2.3 ANALYSE DES DONNÉES

Le questionnaire étant codifié, toutes les informations recueillies ont été saisies au logiciel Statistical Package for Social Sciences IBM SPSS Statistics version 20. Le traitement et la présentation sous forme des tableaux ont été faits au tableur Excel.

3 RÉSULTATS

3.1 SITUATION SOCIALE

Les résultats des enquêtes sur les caractéristiques sociodémographiques des enquêtés ont montré que la quasi-totalité des éleveurs des ruminants dans la ville de Niamey sont des hommes à 91,70%, mariés 90,73%, ayant âge compris entre 31 à 50 ans 48,29% dont 57,65 sont des fonctionnaires en zone urbaine. En ce qui concerne les ethnies, les individus composant l'échantillon appartiennent à 6 sur les 8 groupes ethnolinguistiques du Niger : les Zarmas, les Peulhs, les Touaregs, les Haussas, les Gourmantchés et les Kanouris avec une prédominance des Haoussas (38,1%), Zarmas (31,1%) et Peulhs (23,8%) (tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques sociales des enquêtés

Statuts sociaux	Zone urbaine		Zone péri-urbaine		Total	
	N	%	N	%	N	%
Sexe						
Homme	82	96,47	106	88,33	188	91,70
Femme	3	3,53	14	11,66	17	8,29
Age						
(18-30)	18	21,17	9	7,50	27	13,17
(31-50)	40	47,06	59	49,16	99	48,29
(51 à plus)	27	31,76	52	43,33	79	38,54
Situation matrimoniale						
Célibataire	4	4,70	8	6,66	12	5,85
Monogame	65	76,47	40	33,33	105	51,22
Polygame	13	15,29	68	56,66	81	39,51
Veuf (ve)	3	3,53	4	3,33	7	3,41
Profession						
Agriculteur	2	2,35	34	28,33	36	17,56
Commerçant	17	20,00	17	14,16	34	16,58
Eleveur	8	9,41	49	40,83	57	27,80
Fonctionnaire	49	57,65	13	10,83	62	30,24
Autre	9	10,59	7	5,83	16	7,81
Ethnie						
Zarma	26	30,59	32	26,66	58	28,29
Gourmantché	6	7,06	0	0,00	6	2,93
Haoussa	26	30,59	21	17,50	47	22,93
Kanouri	7	8,23	2	1,66	9	4,39
Peulh	13	15,29	61	50,83	74	36,09
Touareg	7	8,23	4	3,33	11	5,36
Types d'instructions						
Analphabète	14	16,47	70	58,33	84	40,97
Arabe	13	15,29	7	5,83	20	9,76
Primaire	14	16,47	26	21,06	40	19,51
Secondaire	17	20,00	11	9,16	28	13,66
Supérieur	27	31,76	6	5,00	33	19,09
Nombre de personnes en charge						
(0-3)	20	23,53	22	18,33	42	20,49
(4-7)	28	32,94	34	28,33	62	30,24
(8-11)	18	21,18	39	32,50	57	27,80
(12-15)	10	11,76	17	14,16	27	13,17
(16 à plus)	9	10,59	8	6,66	17	8,29

3.2 DIVERSITÉ D'ÉLEVAGE DES RUMINANTS

3.2.1 OBJECTIF D'ÉLEVAGE

Sur les exploitations étudiées, l'objectif de détention des bovins est principalement la production du lait (93%) pour les éleveurs en zone urbaine. Cependant, en zone périurbaine les objectifs poursuivis sont nombreux lait-vente-reproduction (LVR) (67%), embouche-lait-vente-reproduction (ELVR) (26%), lait-vente-sacrifice-reproduction (LVSR) (6%). En ce qui concerne les petits ruminants c'est la vente pour assurer les petites dépenses et la reproduction qui prédominent avec respectivement (43% et 41%) en zone périurbaine. En zone urbaine ces sont les sacrifices (29%) et l'embouche (24%) qui prédominent.

3.2.2 PROPRIÉTAIRES DES ANIMAUX

La répartition des animaux est fonction des couches sociales. Les résultats des enquêtes révèlent que les hommes chefs d'exploitations des bovins sont prédominants (96% et 63% pour les élevages urbains et périurbains respectivement). On constate néanmoins la présence des autres groupes, dont les femmes (8%) et les enfants (3%) pour les exploitations des bovins de type périurbain. De même pour les petits ruminants, la quasi-totalité (80%) appartient aux chefs des ménages en zone urbaine alors qu'en zone périurbaine (20%) des femmes et (10%) des enfants possèdent les petits ruminants.

3.2.3 MODE D'ACQUISITION DES TROUPEAUX

La constitution des troupeaux au niveau des exploitations est faite selon plusieurs modalités dont l'héritage, l'achat, le confiâge, etc. Les éleveurs en zone urbaine ont affirmé constituer leurs troupeaux bovins par achat pour 96% puis par héritage pour 4%. Cependant, 54% les éleveurs en zone périurbaine ont constitué leur troupeau par héritage, 40% par achat et 6% par confiage. Pour les petits ruminants c'est essentiellement l'achat qui est le plus fréquent dans toute la ville de Niamey.

3.2.4 SYSTÈME D'ÉLEVAGE ET STRUCTURE DES TROUPEAUX

Le système d'élevage rencontré lors de cette étude est essentiellement de type sédentaire. Seuls 2,5% des éleveurs périurbains affirment la pratique de la transhumance. L'élevage sédentaire suppose qu'on assure aux animaux une alimentation satisfaisante pendant toute l'année ce qui n'est pas le cas pour la plupart des élevages enquêtés. Sept types de troupeaux ont été observés bovins (23,41%), ovins (18%), caprins (1%) bovins-ovins (19,51%), bovins-caprins (10,24%), bovins-ovins-caprins (20%) et ovins-caprins (7,8%). Le (tableau 2) donne l'effectif du cheptel des ruminants des élevages enquêtés.

Tableau 2. Cheptel ruminants des enquêtés

	Troupeaux bovins	**Troupeaux ovins**	**Troupeaux caprins**
Zone urbaine			
Total	179	412	112
Moyenne	3,44	6,25	5,86
Ecart type	1,48	3,15	2,24
Zone péri-urbaine			
Total	607	832	560
Moyenne	3,16	6,4	5,76
Ecart type	2,39	5,1	2,76

3.3 CONDUITE DE L'ALIMENTATION

3.3.1 DISPONIBILITÉ, INVENTAIRE ET ACCESSIBILITÉ DES ALIMENTS UTILISÉS DANS L'ALIMENTATION DES RUMINANTS

La disponibilité alimentaire constitue dans les milieux arides tropicaux, l'un des facteurs qui rendent difficile l'élevage des animaux. Les ruminants étant des herbivores, leur alimentation repose sur la végétation. On distingue alors les pâturages naturels, les résidus de cultures, les sous-produits agro-industriels et les sous-produits de cuisine. L'ensemble des aliments que les enquêtés utilisent pour nourrir les ruminants ainsi que leurs prix en unités de mesure sont mentionnés dans le (tableau 3).

Tableau 3. Identification des aliments utilisés pour nourrir les ruminants et leurs prix

Aliments	Valeur des unités de mesure		
	Tia (= 2,5 kg)	Sac de 25 kg	1 kg
Cosse de niébé	250	2250	
Fane d'arachide	200	1750	
Fane de niébé		1250	
Feuille de *Faidherbia*	250		
Fourrages verts		700	
Gousse de *Faidherbia*	250		
Grain de l'oseille		5000	
Grain de sorgho	550	5000	
Paille de brousse		500	
Paille du riz		500	
Pierre à lécher			1000
Sel de cuisine			350
Son de soja	250		
Son de blé		2500	
Son de maïs	250		
Son de mil	300		
Tourteau de coton		3500	

Sur le plan approvisionnement en aliments bétail, les résultats de l'étude révèlent que les sources d'approvisionnent sont, le marché (60%), les champs (33%) et la BRANIGER (Société des Brasseries du Niger) (7%). L'étude a montré que l'accès aux aliments bétail de bonne valeur alimentaire n'est pas facile aux éleveurs sur toute l'année car les prix de ces aliments varient en fonction du type d'aliments, de sa qualité et de la saison.

3.3.2 EFFICACITÉ DE LA COMPLÉMENTATION

Pour apprécier l'efficacité des pratiques alimentaires, il faut non seulement connaitre les besoins en principes alimentaires des animaux élevés mais aussi la valeur bromatologique des aliments utilisés. Sur le terrain, l'efficacité des pratiques alimentaires peut être apprécier sous deux (2) principaux angles qui sont les objectifs de productions de l'éleveur et les résultats de l'élevage. Sur toutes les saisons de l'année, les troupeaux bovins des élevages urbains sont alimentés grâce à un apport à l'auge pour 100% alors que les élevages périurbains ont comme source d'alimentation le parcours naturel pour 88,3% et l'auge pour 11,7% pendant la saison d'hivernage. Cependant 1,7% des éleveurs périurbains font recours à la divagation des animaux pendant cette saison.

3.3.3 CONDUITE D'ABREUVEMENT

L'eau du robinet constitue la principale boisson des ruminants dans la zone urbaine avec (71%) des enquêtés. En zone périurbaine c'est plutôt l'eau résiduelle issue du processus de la préparation des repas locaux appelé en langue Haoussa « tsari » qui prédomine avec (41%) de l'échantillon ensuite eau du robinet et celle des puits avec respectivement (35% et 14%). En ce qui concerne la nature d'eau de boisson ce sont les sons des céréales (sous forme de barbotage) que la majorité des éleveurs utilisent avec respectivement (76% et 58% en zone urbaine et périurbaine). Une proportion importante des éleveurs en zone urbaine (40%) et péri-urbaine (60%) abreuvent les ruminants deux (2) fois par jour (une fois matin et soir). Cependant certains éleveurs de la zone urbaine (10%) abreuvent leurs animaux à volonté dans un récipient remplit à cet effet.

3.4 PRATIQUES DE GESTION

3.4.1 MODE DE REPRODUCTION

Le mode de reproduction des troupeaux bovins couramment utilisé par 99,2% des éleveurs de la zone périurbaine est la saillie, dont 10% des éleveurs choisissent le géniteur au sein de leur troupeau ou de troupeau voisin. Cependant l'insémination artificielle (IA) est en train d'être testée par 96,7% des éleveurs urbains (tableau 4). En ce qui concerne les petits ruminants c'est la saillie qui est utilisée par 100% des enquêtés aussi bien en zone urbaine que périurbaine.

Tableau 4. Technique de la gestion de la reproduction des élevages bovins

	Total		Zone urbaine		Zone péri-urbaine	
	N	%	N	%	N	%
Insémination artificielle	30	20	29	96,7	1	0,8
Choix de géniteur	13	8,7	1	3,3	12	10
Saillie	107	71,3	0	0	107	89,2
Total	150	100	30	100	120	100

Quant à la reforme, elle est pratiquée par 100% des éleveurs urbains contre 59% de éleveurs périurbains pour les troupeaux bovins est absente 0% pour les petits ruminants en zone urbaine comme périurbaine.

3.4.2 PRODUCTION DU LAIT

En élevage périurbain, les quantités moyennes de lait traites sont de 1,75± 0,53 ; 2,81± 0,49 et 3,63± 0,6 litres par vache par jour en saison sèche chaude, en saison sèche froide et en saison pluvieuse respectivement. Elle est en moyenne de 2,73±0,54 litres par vache par jour sur toute l'année. Cependant, la production journalière moyenne observée est de 6,61±0,56 litres en élevage urbain (tableau 5). En ce qui concerne les petits ruminants, le lait n'est pas valorisé à cause de la faiblesse cette production.

Tableau 5. Performance laitière des vaches selon le type d'élevage

Quantité produite (en litre)	**Saisons**	**Elevage**	
		Zone urbaine	Zone péri-urbaine
Lait	Saison sèche chaude	5,24± 0,31	1,75± 0,53
	Saison sèche froide	6,2± 0,27	2,81± 0,49
	Saison hivernale	8,4± 1,11	3,63± 0,6
	Moyenne	6,61±0,56	2,73±0,54

3.4.3 PRODUCTION DU FUMIER

Un suivi effectué avec pesée sur un échantillon de trois exploitations dont deux périurbaines et une urbaine durant dix jours a donné des quantités moyennes journalières du fumier produites de 2,04kg par vache en élevage périurbain et 3,9kg par vache en élevage urbain. Concernant le prix, le sac de 50kg remplie du fumier pèse en moyenne 27,3kg et son prix varie de 250 à 500FCFA soit 9 à 18FCFA le kilogramme.

3.4.4 PRATIQUE D'HYGIÈNE

Les pratiques d'hygiène se limitent essentiellement au nettoyage des équipements, balayage des chèvreries et/ou bergeries et le renouvellement des stocks de manière occasionnelle aussi bien dans la zone urbaine que périurbaine par 100% des enquêtés.

3.4.5 UTILISATION DE LA MAIN D'ŒUVRE

Il est ressorti que (32,72%) des enquêtés en zone urbaine et (65,51%) en zone périurbaine utilisent de la main d'œuvre dans la conduite d'élevage des ruminants. Cependant la totalité de cette main d'œuvre (100%) est familiale.

3.5 CONTRAINTES DE L'ÉLEVAGE DES RUMINANTS

L'alimentation est la contrainte majeure qui freine l'essor de l'élevage des ruminants dans la ville de Niamey. 100% des enquêtés affirment que les aliments bétail coûtent cher. Cette cherté des aliments bétail devient plus critique pendant la période de soudure (saison sèche chaude). Ensuite ce sont les vols 10,97% et 52,28% ; le manque d'espace 42,18% et 13,1% les maladies 21,1% et 39,21% et l'absence des agents de vulgarisation pour les conseils techniques 21,1% et 39,21% respectivement en zone urbaine et périurbaine qui limitent le développement de cet élevage.

4 DISCUSSION

Les résultats de l'enquête ont montré que 91,7% de l'échantillon sont des hommes, mariés 90,73%, dont 48,29% ont un âge compris entre 18 et 50 ans. La forte proportion des hommes est vraisemblablement liée au prix élevé des aliments bétail dans la ville de Niamey car seuls les bras valides peuvent suffisamment disposés des moyens pour nourrir les animaux [8]. La prédominance des Peulhs, Haoussas et Zarmas reflète la configuration ethnolinguistique de la ville de Niamey [9], [10]. La répartition des élevages en fonction des espèces élevées a monté sept types de troupeaux à savoir : bovins seuls (23,41%), ovins seuls (18,04%), caprins seuls (1%) bovins-ovins (19,51%), bovins-caprins (10,24%), bovins-ovins-caprins (20%) et ovins-caprins (7,8%) cela reflète la composition du cheptel de la région [11]. Une gamme variée des aliments est utilisée dans l'alimentation des ruminants dans la ville de Niamey. Cependant, la base de l'alimentation des troupeaux périurbains reste essentiellement sur le pâturage naturel [12]. Or, la pression démographique entrainant l'extension de la ville induit une régression de la biomasse végétale disponible dans la zone périurbaine de Niamey. Le même scénario a été observé dans les zones périurbaines de Bobo Dioulasso (Burkina Faso) par [13] et de Sikasso au Mali par [14]. De plus, certains aliments encombrants comme les pailles du riz, du mil, du sorgho ne sont pas bien appétés par les petits ruminants (contrairement à ce que [15] à observer au Tchad en 2011). Il est temps d'utiliser la biotechnologie alimentaire pour valoriser ces aliments en augmentant leurs digestibilités et leurs valeurs bromatologiques vis-à-vis des petits ruminants. En ce qui concerne le mode de reproduction ; bien que le Niger soit doté d'un Programme National d'Amélioration Génétique (PNAG) basé sur l'insémination artificielle (IA), la monte naturelle reste la méthode pratiquée par la majorité des éleveurs périurbains (99,2%). Cela est dû, d'une part au manque d'information sur l'IA et d'autre part à la réticence des éleveurs du fait du faible taux de réussite de l'IA surtout en élevage périurbain. Cependant, cette technique de la reproduction (IA) est entraine d'être testée par 96,7% des éleveurs urbains organisé en coopérative avec une production laitière satisfaisante. L'amélioration génétique (croisement par monte naturelle) est passée de 8,3% en 2002 à près de 41,7% des exploitants en 2006 autour de Bamako. Par contre la pratique de l'IA est à 2% [16]. Quant à la production laitière, la quantité moyenne du lait produite est aussi plus importante au niveau des élevages laitiers urbains (6,61±0,56 litres /vache/jour) qu'au niveau des élevages périurbains (2,73±0,54 litres/vache/jour). Nos résultats sont supérieurs à ceux de [6] qui ont trouvé en moyenne 2,09 ± 0,54 kg par vache allaitante en zone périurbaine et 2,69 ± 0,98 kg par vache allaitante en zone urbaine. Ils sont aussi supérieurs à ceux trouvés par [17] à l'issue de ses expérimentations en milieu paysan (Niamey) qui varient de 1,78±0,23 à 2,26±0,3 en SSF et 2,09±0,31 à 2,57±0,25 en SP selon les traitements. Nos résultats sont aussi supérieurs à ceux de [12] qui ont trouvé 0,36±0,36 et 0,85±0,41litres en saison sèche et saison des pluies respectivement sur le système extensif d'élevage au Guinée. L'augmentation de la production laitière dans les élevages bovins laitiers urbain peut s'expliquer par l'entrée des fonctionnaires qui représentent 57,65 de l'échantillon en zone urbaine [18]. Cela témoin que la propriété des animaux est passée des éleveurs traditionnels aux fonctionnaires et aux commerçants.

5 CONCLUSION

Cette étude a fait ressortir les principales caractéristiques socio-économiques, les pratiques alimentaires, de gestion, les contraintes et les perspectives de l'élevage des ruminants dans la ville de Niamey. La plupart des éleveurs des ruminants dans la ville de Niamey sont des hommes, marié, âgés de 30 à 50 et appartenant principalement aux ethnies peulh, haoussa et zarma. L'élevage des ruminants dans la ville de Niamey est diversifié et est de type sédentaire. Les résidus des cultures et les sous-produits agro-alimentaires constituent la base d'alimentation des ruminants. En ce qui concerne le mode de la reproduction c'est la saillie libre qui prédomine surtout en zone périurbaine avec un effleurement de l'insémination artificielle dans les élevages bovins urbains laitiers. L'étude a aussi montré que les prix des aliments bétail varient en fonction du type d'aliments, de sa qualité et de la saison de l'année. Face à cette situation, des actions immédiates visant la structuration, l'organisation et la subvention de la filière aliments bétail ainsi que la vaccination du cheptel contre toutes les maladies tropicales doivent être entreprises dans le souci de préserver et d'améliorer la productivité de nos animaux.

RÉFÉRENCES

[1] A. Alhassane,, I. Soumana, S. Karim, I. Chaibou, A. Mahamane et M. Saadou, « Flore et végétation des parcours naturels de la région de Maradi, Niger *», Journal of Animal & Plant Sciences, 2017. Vol.34, Issue 1 : 5354-5375, 2017.*

[2] A. Laouali, B. Yamba, T. R. Chabi et P. Lebailly, « Essai de synthèse de rôles de l'élevage pastoral au Sahel et en Afrique de l'Ouest », *Annales de l'Université Abdou Moumouni.* Spécial numéro, 2014 Série B 52-64, 2014.

[3] M. M. O. Mahaman, M. Chaibou, D. Abdou, A. B. Idé A, I. M. Sitou et M. MANI, « Evaluation de l'ingestibilité des bouchons alimentaires à base des sous-produits de niébé utilisés pour l'engraissement des ovins », *Revue des BioRessources* Vol 7 N° 2 Décembre 2017 1-11, 2017.

[4] Ministère de l'élevage*,* Stratégie de Développement Durable de L'Elevage, (SDDEL 2013-2035)*,* Tome 1, République du Niger/, Niamey, Niger, 61p, 2013.

[5] M. A. Lawal, Aspects socioéconomiques de l'utilisation des résidus de cultures et sous-produits agroindustriels dans l'alimentation des ruminants domestiques à Niamey (Niger), Mémoire de Master en productions animales et développement durable, EISMV/Dakar, Sénégal, 44p, 2014.

[6] M. Chaibou, A. S. Illia et H. Marichatou, « Pratiques de gestion et performances de production dans les élevages bovins laitiers urbains et périurbains de Niamey », *Revue des Bio Ressources,* Vol 1 N 2 Décembre 2011 1-12, 2011.

[7] A. R. Boukary, M. Chaïbou, H. Marichatou et V. Gilles, **«** Caractérisation des systèmes de production laitière et analyse des stratégies de valorisation du lait en milieu rural et périurbain au Niger : cas de la communauté urbaine de Niamey et de la commune rurale de Filingué », *Revue d'Élevage et Médecine Vétérinaire des Pays tropicaux, 60 (1-4) : 113-120, 2007.*

[8] M. Chaibou, O. A. Yaou, A. Gouro et A. Laouali, « Diversité, disponibilité et circuits d'approvisionnement des aliments du bétail dans la communauté urbaine de Maradi », *Journal des Sciences de l'Environnement vol 1 2012 : 27-34, 2012.*

[9] M. Mani, Caractérisation phénotypique et zootechniques de la chèvre du sahel élevée au Niger, Thèse de Doctorat Unique, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, Niger/Université Cheikh Anta Diop, Sénégal / Niamey, Niger, 190p, 2013.

[10] M. M. M. Ousseini, M. Chaibou et M. MANI, « Pratique et utilisation des sous-produits de légumineuse dans l'alimentation du bétail à la communauté urbaine de Niamey : Cas de fanes et cosses de niébé (*Vigna Unguiculata*) », *Journal of Applied Biosciences 120 : 12006-12017 ISSN 1997-5902, 2017.*

[11] Ministère de l'élevage, Atlas de l'élevage au Niger *:* une richesse sans fin, Niamey, Niger, 137p, 2014.

[12] J. Somda, K. Keita, M. Kamuanga et M. B. Diallo, « Diagnostic des systèmes d'élevage péri-urbain en Moyenne Guinée : Analyse socioéconomique des exploitations en production laitière dans la commune urbaine de Labé », Socio-economic Working *Paper No 3. ITC (International Trypanotolerance Centre), Banjul, The Gambia, 44p, 2004.*

[13] Z. Tou, Analyse de la diversification des systèmes de production agricole vers l'activité de production laitière : cas de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), Mémoire de fin d'étude, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Burkina Faso, 62p, 2006.

[14] D. Coulibaly, C. Corniaux, S. I. idibé et C. H. Moulin, « Evolution des stratégies d'alimentation des élevages bovins dans le bassin d'approvisionnement en lait de la ville de Sikasso au Mali » *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, *60(1-4),* 2007.

[15] A. K. Djalal, Elevage ovin périurbain au Tchad : Effet de l'alimentation sur les performances de reproduction et de croissance, Doctorat Unique en Développement Rural Option : Systèmes Productions Animales, Spécialité : Génétique et Reproduction. Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 141p, 2011.

[16] B. Bonfoh, G. Fokou, T. M. Ould, A. Fane, D. Woirin, N. Laimaibao et J. Zinsstag, "Dynamiques des systèmes de production laitière, risques et transformations socio-économiques au Mali ». *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 60(1-4), 67-76, *2007*.

[17] O. Rahinatou, Effet de la complémentation sur la production laitière des vaches de quelques troupeaux bovins de tchongaré (commune V), CRESA, Université Abdou Moumouni de Niamey : Faculté d'Agronomie, 47p, 2012.

[18] Z. Rhissa, Revue du secteur de l'élevage au Niger, Rapport provisoire Février 2010, Niamey, Niger, 115p, 2010.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1726-1730
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

ETUDE NUMERIQUE DU MODELE CIRCUIT RLC D'UNE PRISE DE TERRE

Kadiolotien SORO[1], Aka TANOH[2], and Aka S. KOFFI[3]

[1]Doctorant, Ecole Doctorale Polytechnique, UMRI Electricité et Electronique Appliquée, BP 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

[2]Maitre de Conférence, Institut National Polytechnique Houphouët Boigny, BP 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

[3]Doctorant, Laboratoire de Physique de Condensation de la Matière et Technologie, UFR Sciences des Structures de la Matière et Technologie, Université Felix Houphouet Boigny Cocody, 22 BP 582 Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: This article is contribution on the digital analysis of the RLC model of the earth connector. The RLC model of the earth connector was feigned on MATLAB. These simulations were made with the horizontal earth connector and the vertical earth connector with a ground of resistivity 1000Ω.m and on the other hand with a ground of resistivity 2000Ω.m.
The results obtained by feigning on MATLAB both electrodes show that earth connectors must be buried in depths superior or equal to 6 meters. The relevance of this article, it is to help to determine the depths to which the earth connectors of the model RLC can be buried.

KEYWORDS: Grounding Impedance, earth connector, high frequency, RLC model.

RÉSUMÉ: Cet article est une contribution sur l'analyse numérique du modèle RLC de la prise de terre.
Le modèle RLC de la prise de terre a été simulé sur MATLAB. Ces simulations ont été faites avec la prise de terre horizontale et la prise de terre verticale avec un sol de résistivité 1000Ω.m et d'autre part avec un sol de résistivité 2000Ω.m.
Les résultats obtenus en simulant sur MATLAB les deux électrodes montrent que les prises de terre doivent être enterrées à des profondeurs supérieures ou égales à 6 mètres.
La pertinence de cet article, c'est d'aider à déterminer les profondeurs auxquelles peuvent être enterrées les prises de terre du modèle RLC.

MOTS-CLEFS: Impédance de terre, prise de terre, haute fréquence, modèle RLC.

1 INTRODUCTION

La prise de terre est un élément essentiel de l'installation qui établit un contact permanent entre la masse terrestre et la masse métallique d'un outil, d'un appareil ou d'une installation électrique. En clair la prise de terre permet d'écouler les courants de défaut, les courants de foudre et les courants extérieurs au réseau et de protéger les systèmes électriques.

La richesse de l'onde de foudre en fréquence variant de 1kHz à 1MHz et son intensité élevée qui peut parfois atteindre 50kA ont particulièrement retenu notre attention sur le type de prise de terre des réseaux électriques haute tension [1].

Ce qui nous intéresse dans notre cas, c'est de savoir quel type de prise de terre conviendra au réseau électrique haute tension en vue de protéger celui-ci contre la foudre.

L'article présente donc une simulation sur MATLAB du modèle RLC de la prise de terre.

2 METHODE

Le modèle circuit RLC de la prise de terre (figure 1) a été simulé sur MATLAB.

$\underline{Z} = j\omega L + \dfrac{1}{G + j\omega C}$ [2] G, C et L sont déterminés à partir des formules (1) pour l'électrode verticale et (2) pour l'électrode horizontale.

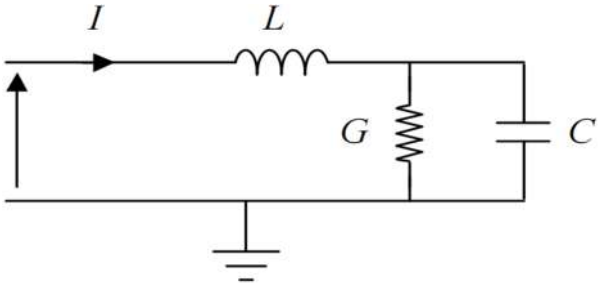


Fig. 1. Prise de terre modèle RLC

Pour une électrode cylindrique et verticale, les relations suivantes définissent les paramètres

RLC du circuit approché [3]

$$R_i = \frac{\rho l}{S};\ R = \frac{1}{G} = \frac{\rho}{2\pi l}\ln\left(\frac{2l}{r}\right);\ C = 2\pi\varepsilon l\left[\ln\left(\frac{2l}{r}\right)\right]^{-1};\ L = \frac{\mu_0 l}{2\pi}\ln\left(\frac{2l}{r}\right) \quad (1)$$

l est la longueur de l'électrode, r son rayon.

Pour une électrode horizontale enterrée à une profondeur h (*l* >> r et *l* >> h) [2]

$$R = \frac{1}{G} = \frac{\rho}{2\pi l}\left[\ln\left(\frac{2l}{\sqrt{2rh}}\right) - 1\right];\ C = 2\pi\varepsilon l\left[\ln\left(\frac{2l}{\sqrt{2rh}}\right) - 1\right]^{-1};\ L = \frac{\mu_0 l}{2\pi}\left[\ln\left(\frac{2l}{\sqrt{2rh}}\right) - 1\right] \quad (2)$$

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS : ANALYSE FRÉQUENTIELLE ET IMPÉDANCE HARMONIQUE

L'impédance harmonique de mises à la terre est une grandeur complexe. Elle varie par rapport à la fréquence. Elle dépend uniquement des caractéristiques géométriques et électromagnétiques de la mise à la terre. Elle ne dépend donc pas de l'excitation. L'impédance harmonique peut être trouvée par modélisation de la mise à la terre comme un circuit électrique à partir de la formule du modèle RLC (figure 1).

Le comportement de la mise à la terre en haute fréquence peut être soit résistif, soit inductif ou encore capacitif. Ceci dépend des caractéristiques géométriques des électrodes et des propriétés électriques du sol.

Pour une électrode verticale et cylindrique de rayon égale à 3 cm, enterré dans des sols de résistivité ρ=1000Ω.m et ρ=2000Ω.m et de permittivité relative ε_r=10, les figures 2 et 3 suivantes donnent l'impédance de terre en fonction de la fréquence.

Pour une électrode horizontale et cylindrique de rayon égale à 3 cm, enterré dans un sol de résistivité ρ=1000Ω.m ρ=2000Ω.m et de permittivité relative ε_r=10, les figures 4 et 5 suivantes donnent l'impédance de terre en fonction de la fréquence.

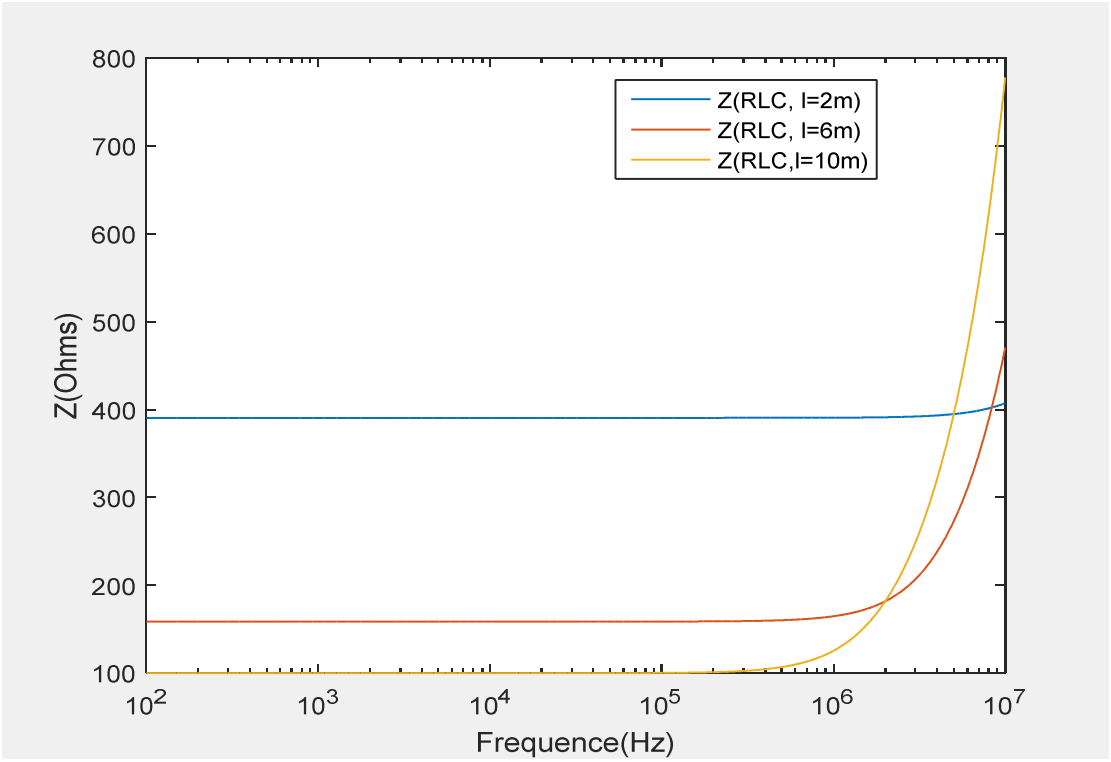


Fig. 2. Impédance de mise à la terre électrode verticale pour ρ=1000Ω.m

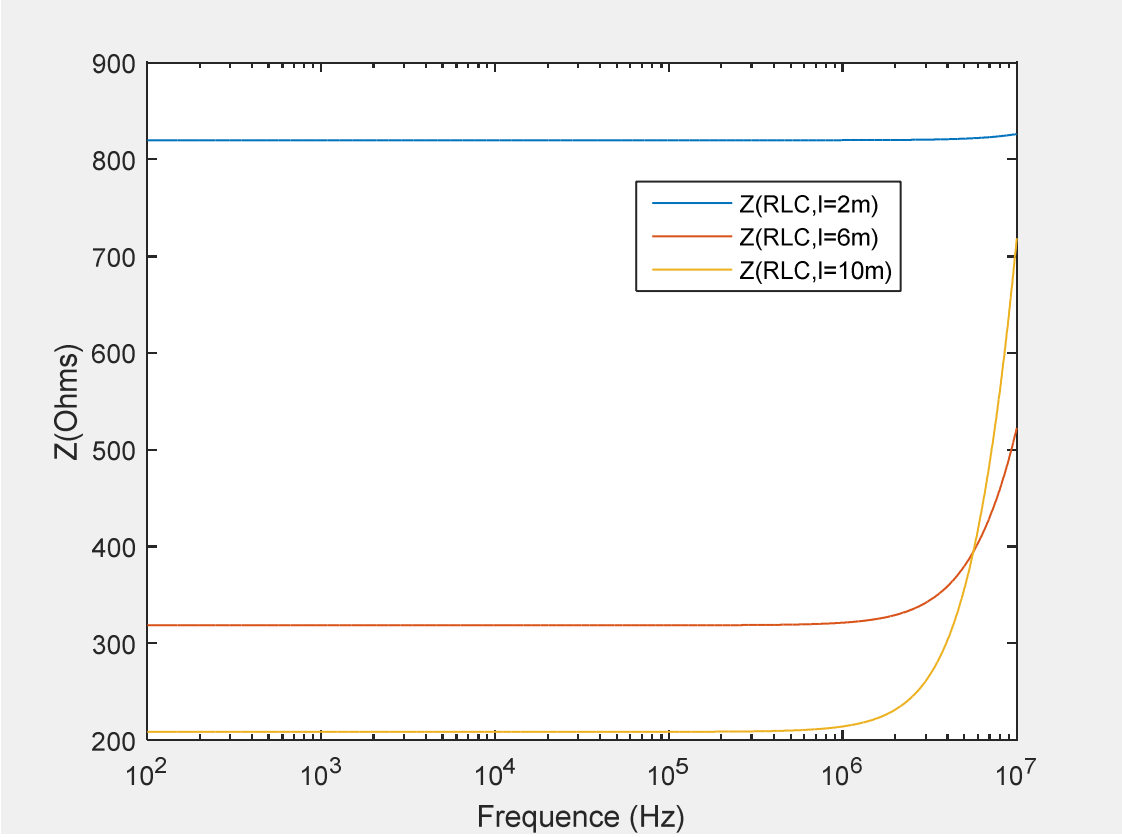


Fig. 3. Impédance de mise à la terre, électrode verticale pour ρ=2000Ω.m

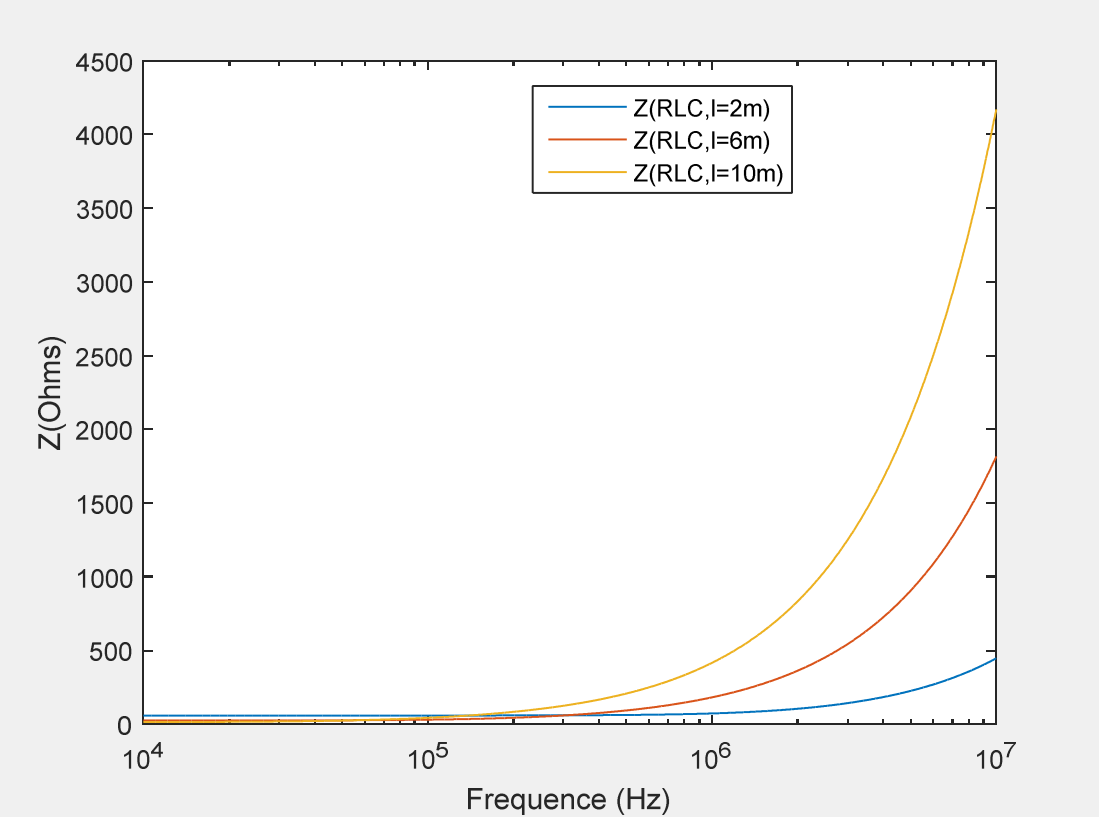


Fig. 4. Impédance de mise à la terre, électrode horizontale pour ρ=1000Ω.m

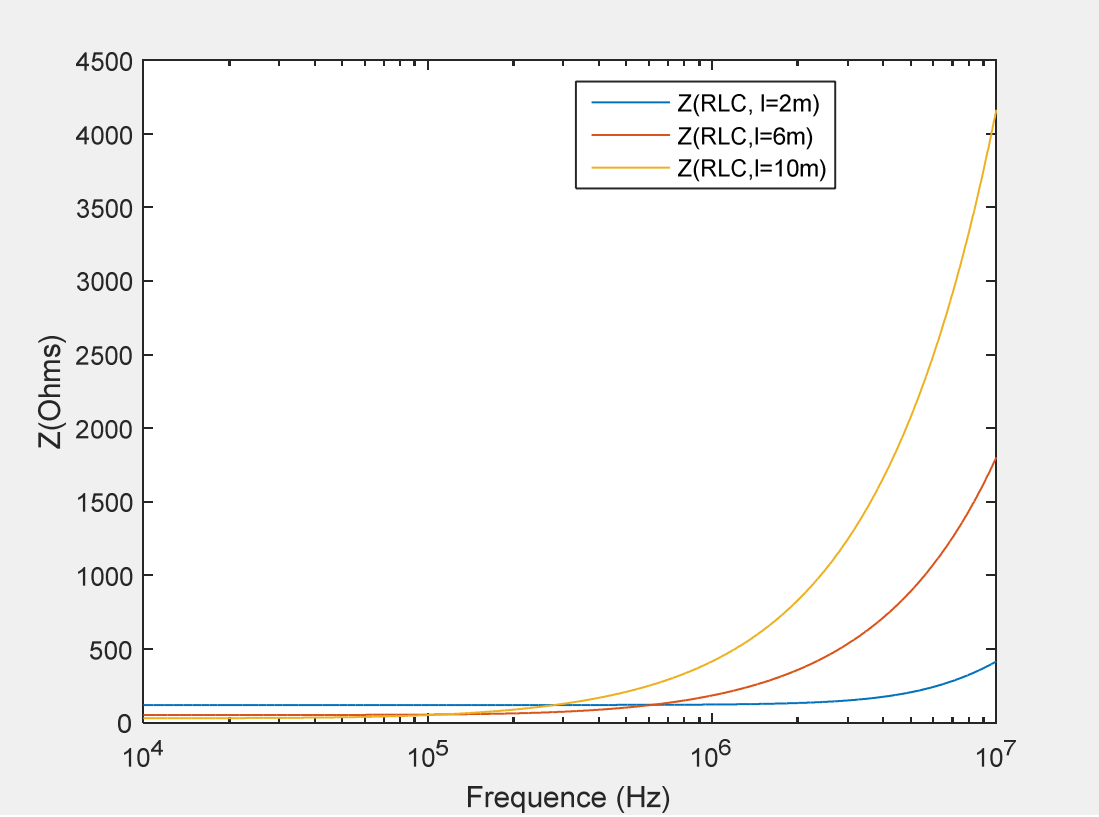


Fig. 5. Impédance de mise à la terre, électrode horizontale pour ρ=2000Ω.m

3.2 INTERPRÉTATION ET DISCUSSION

Dans le cas des électrodes verticales, pour les valeurs élevées de résistivité (1000Ω.m et 2000Ω.m). Le comportement est inductif en très haute fréquence.

Ceci peut s'expliquer par le rayon r=3cm des électrodes qui est plus grand que le rayon r=1.25cm des électrodes où le comportement est plutôt capacitif en très haute fréquence pour les courtes longueurs de l'électrode [2].

Pour les longueurs courtes de l'électrode (l=2m), les impédances de mises à terre restent toujours très élevées, donc notre objectif de réduire au maximum l'impédance de mise à la terre n'est pas atteint.

Par contre pour les grandes longueurs de l'électrode (l=10m), les impédances de mise à la terre sont réduites au maximum.

Dans le cas des électrodes horizontales, pour les valeurs élevées de résistivités (1000Ω.m, 2000Ω.m), avec les longueurs des électrodes supérieures à 10m, l'impédance de mises à la terre est nulle dans la plage de fréquence de 0Hz à 10^6Hz. Ce qui donne un résultat satisfaisant puisque la plage de variation de l'onde de foudre est de 0Hz à 10^6Hz.

Pour les fréquences très élevées supérieures à 10^6Hz, nous observons un comportement inductif des mises à la terre.

4 CONCLUSION

Cette simulation sur MATLAB du modèle RLC de la prise de terre est un outil d'aide à la décision. Nous constatons que le modèle RLC de l'électrode convient pour les prises de terre des pylônes électriques haute tension en vue de protéger le réseau électrique haute tension contre les courants de foudre ou les courants extérieurs dont les fréquences peuvent monter à 10^6 Hz.

Pour optimiser l'impédance des prises de terre et protéger le réseau électrique haute tension, il faut enterrer les prises de terre à des profondeurs de terre supérieures ou égales à 6 mètres.

REMERCIEMENTS

Les remarques du Professeur Aka TANOH nous ont été utiles tout au long de ce travail. Je tiens à remercier également mon ami Aka Stephane KOFFI pour m'avoir conseillé votre revue scientifique. Je suis également reconnaissant à tous ceux qui nous ont conduits de près ou de loin sur le chemin de la recherche scientifique.

RÉFÉRENCES

[1] X. LEGRAND, ''*Modélisation des systèmes de mise à la terre des lignes électriques soumis à des transitoires de foudre'',* Thèse de Doctorat Ecole Doctorale Electronique, Electrotechnique, Automatique de Lyon, (Décembre 2007)

[2] J. P. NZURU NSEKERE, *''Contribution à l'analyse et à la réalisation des mises a la terre des installations électriques dans les régions tropicales'',* Thèse de Doctorat Université de Liège, Belgique, (Février 2009)

[3] Z. A. ZIDANE, *''Modélisation et simulation des prises de terre dans les systèmes électriques'',* Magister Université Ferhat Abbas / Setif Ufas Algérie, (Mai 2012)

[4] Slaoui Hasnaoui FOUAD, *''Estimation des paramètres par la méthode de régression rigide combinée avec l'analyse des paramètres statistiques pour l'interprétation des mesures de résistivités apparentes des modèles de sol à n-couches'',* ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE UNIVERSITÉ DU QUÉBEC, *Montréal, le 14 Octobre 2003*

[5] Houndedako S., Aredjodoun J., Vianou A., Espanet Ch., Adedjouma S., *''Choix de la configuration d'une prise de terre de type piquet pour une protection optimale''*, Revue du CAMES – SAI, Reçu juin 2013 – Accepté mars 2014

[6] L. Boufenneche, M. Chouki, S. Khedimallah, H. Belila, D. Sekki, A. Boudouda et B. Nekhoul., *''Impact d'une onde de foudre sur un pylone electrique'',* UNIVERSITE DJILLALI LIABES DE SIDI-BEL-ABBES

[7] Rafael ALIPIO and Silverio VISACRO*, Senior Member, IEEE*, *''Dependence of electrical parameters of soil modeling the frequency''*, IEEE JOURNAL AND MAGAZINES, October 2014

[8] S. W. Georges, *Member, IEEE,* F. H. Slaoui, P. J. Lagace, *Member, IEEE,* X. D. Do, *Senior Member, IEEE* and J. Forth, *Member, IEEE, ''Evaluation of grounding system impedance of a near sea water hv electric power installation''* JOURNAL AND MAGAZINES IEEE.

[9] Bo ZHANG, Rong ZENG, Jinliang HE, *''Novel measurement system for grounding impedance of substations and power plants''* TSINGHUA UNIVERSITY BEIJING 100084, CHINA.

[10] Jong-Hyuk Choi, Hee-Kyung Shin, Dong-Seon Kim, Bok-Hee Lee, *''Grouding impedance based on the current distribution for the horizontal ground electrode installed in two-layer soil structure''*, ASIA-PACIFIC INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIGHTNING, November 2011.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1731-1749
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

GOUVERNANCE D'ENTREPRISE ET COÛT DE LA DETTE : L'IMPACT DE LA LOI SARBANES OXLEY

[CORPORATE GOVERNANCE AND COST OF DEBT : THE IMPACT OF THE SARBANES OXLEY ACT]

Sondes DRAIEF

Institut Supérieur de Comptabilité et d'Administration des Entreprises, Université de la Manouba, Tunisia

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

ABSTRACT: This study examines the impact of the Sarbanes-Oxley Act on the relation between corporate governance mechanisms and cost of debt for a sample of American firms. Our results show that the cost of debt is positively related to board size in the pre-SOX period. However, creditors become insensitive to board size, after SOX. We also find that the negative effect of board independence and institutional ownership on the cost of debt is more strongly in the post-SOX period relative to the pre-SOX period. This evidence demonstrates that the quality of control of these actors is improved following SOX. The positive effect of managerial ownership and duality on the cost of debt weakens after SOX highlighting a reduction of managerial power after 2002. Moreover, audit committee characteristics (size, meeting, independence and expertise) became after SOX effective mechanisms, for creditors, that enhance the quality of financial information and negatively affect the cost of debt. Finally, the results don't show a significant relationship between the nomination and compensation committee exempt of CEO and cost of debt over the two periods of the study.

KEYWORDS: Cost of debt, board characteristics, audit committee, ownership structure, SOX.

RÉSUMÉ: Cette étude examine l'impact de la loi Sarbanes-Oxley sur la relation entre les mécanismes de gouvernance et le coût de la dette sur un échantillon de firmes américaines. Nos résultats montrent que la taille du conseil d'administration affecte positivement le coût de la dette, avant SOX. En revanche, les créanciers deviennent insensibles à la taille du conseil après SOX. Nous trouvons aussi que l'effet négatif de l'indépendance du conseil d'administration et de la propriété des investisseurs institutionnels sur le coût de la dette se renforce durant la période post –SOX par rapport à la période pré-SOX indiquant une amélioration de la qualité du contrôle de ces acteurs après la mise en place de cette loi. Par ailleurs, l'effet positif de la propriété managériale et de la dualité sur le coût de la dette s'affaiblit après SOX mettant en exergue une atténuation du pouvoir managérial après 2002. Les caractéristiques du comité d'audit (taille, fréquence des réunions indépendance et expertise) constituent, après SOX, des leviers d'action efficaces, pour les créanciers, qui améliorent la qualité de l'information financière et affectent négativement le coût de la dette. Enfin, les créanciers considèrent que les comités de nomination et de rémunération indépendants sont des attributs de gouvernance actionnariale et n'ont aucun effet sur le coût de la dette sur les deux périodes de l'étude.

MOTS-CLEFS: Coût de la dette, caractéristiques du conseil d'administration, comité d'audit, structure de propriété, SOX.

1 INTRODUCTION

La plupart des recherches dans le champ de la gouvernance d'entreprise se sont focalisées sur le rôle de la gouvernance à influer les décisions des managers vers l'intérêt des actionnaires et la maximisation de la valeur de la firme. Cette approche

actionnariale se trouve parfois incompatible avec l'intérêt des autres partenaires de la firme. C'est ainsi que plusieurs chercheurs se sont orientés vers les intérêts que doit servir la gouvernance pour les autres partenaires (Hill & Jones, 1992 ; Charreaux & Desbrières, 1998). Il s'agissait de mettre en place des mécanismes de gouvernance susceptibles de résoudre les conflits d'intérêt entre les différentes parties prenantes et de conduire le dirigeant à entreprendre des décisions conformes à leurs intérêts (Khaldi, 2016).

Parmi les partenaires influents dans la firme, les créanciers financiers occupent une place importante vu que le marché de la dette est devenu la source de financement externe la plus importante partout dans le monde. Certes, les créanciers s'intéressent à la maximisation de la valeur de la firme, néanmoins, actionnaires et créanciers n'ont pas souvent des intérêts convergents. En effet, les dirigeants peuvent profiter de l'avantage informationnel qu'ils détiennent au détriment des créanciers et gérer les résultats afin d'envoyer de faux signaux sur la situation financière de la firme et bénéficier d'un coût de financement moindre (Djama, 2003). Encore plus, les actionnaires/dirigeants peuvent profiter de leur liberté de gestion des fonds confiés par les créanciers et augmenter leurs risques. Ceci en adoptant une politique d'investissement sous optimale afin de distribuer des dividendes (sous-investissement) (Myers, 1977), en s'engageant dans des projets plus risqués que les projets ayant suscités l'accord de crédit (substitution de l'actif) et en émettant des dettes futures à des conditions plus favorables. Les créanciers chercheront alors à se protéger en ajustant le taux d'intérêt en fonction du risque qu'ils encourent.

L'efficacité des mécanismes de gouvernance pour les créanciers est de nature à diminuer leurs risques informationnels et d'agence et les amènent à baisser le coût d'endettement exigé. Les recherches s'intéressant à l'importance accordée aux attributs de gouvernance sur le marché de la dette ne sont pas nombreuses et aboutissent à des résultats mitigés et peu concluants. Dans ce contexte, certains chercheurs (Anderson et al., 2004 ; Klock et al., 2005 ; Piot et Missonier-Piera, 2007 ; Ertugrul et Hegde, 2008) démontrent que les bonnes pratiques de gouvernance tel que l'indépendance des administrateurs améliorent la fiabilité des chiffres comptables et permettent une réduction des différents risques subis par les créanciers. Ceci engendre une baisse du coût de la dette. Cependant, Bradley et Chen (2011) et Tanaka (2014) trouvent que les créanciers n'accordent aucune importance à la structure de gouvernance en fixant le taux d'intérêt.

Par ailleurs, les différents scandales financiers survenus au début des années 2000 (Enron, Wordcom…) ont ébranlé la confiance des investisseurs et des créanciers quant au processus de préparation des informations financières et ont révélé l'échec du système de gouvernance traditionnel dans la prévention de leurs intérêts. En réponse à ces scandales, le gouvernement américain a réagi rapidement en mettant en place la loi Sarbanes-Oxley (SOX) en 2002. En effet, la loi SOX est la loi fédérale américaine la plus radicale depuis l'adoption des lois fédérales initiales en 1933 et 1934. Elle a instauré des exigences plus sévères en matière de de gouvernance des entreprises et la gestion de leurs données financières. Elle se base essentiellement sur trois principes : l'exactitude et l'accessibilité de l'information ; la responsabilité pénale des dirigeants et l'indépendance des auditeurs.

Bien que la majorité des études examinant l'impact de la gouvernance sur le coût de la dette soient menées après la mise en application de la loi Sarbanes –Oxley (SOX) en 2002, les conséquences des révisons en matière de gouvernance, imposées par cette loi, sur la relation gouvernance/coût de la dette n'ont pas été très abordées.

Nous nous proposons dans le cadre de cet article d'étudier l'impact des dispositions en matière de gouvernance imposées par la loi SOX sur le comportement des créanciers. Concrètement nous essayons de répondre à la question de recherche suivante : Est-ce que la relation entre le coût de la dette et les mécanismes de gouvernance a changé après la mise en application de la loi SOX ?

Notre recherche est une extension des études ayant trait à l'impact de la gouvernance sur le marché de la dette. En premier lieu, nous examinons les conséquences de la promulgation de la loi SOX en 2002 sur les pratiques de gouvernance et sur le coût de la dette. En effet, si la loi SOX est venue renforcer les bonnes pratiques de gouvernance et encadrer les pouvoirs décisionnels des dirigeants dans le respect des intérêts des créanciers, on devrait s'attendre à une diminution du risque supporté par les créanciers et par conséquent du coût d'endettement exigé après la mise en application cette loi.

En second lieu, nous étudions si les révisions exigées par SOX sur les pratiques de gouvernance affectent le lien entre les facteurs de gouvernance et le coût de la dette et ce en menant une étude comparative sur deux périodes (pré-SOX et post SOX). À notre connaissance cette analyse comparative a été effectuée uniquement par Ghouma (2008) et Amir et al (2010) qui se sont limités respectivement à deux aspects de gouvernance à savoir la propriété managériale et l'indépendance des auditeurs. Nous envisageons à étendre ces études en tenant compte dans notre analyse empirique d'un large éventail de variables de gouvernance ayant trait aux caractéristiques du conseil d'administration, à ses comités et à la structure de propriété.

Le reste de cet article est organisé comme suit : la deuxième section expose les principales dispositions de la loi SOX. Nous présentons, dans une troisième section une revue de littérature des études ayant trait à la relation entre les mécanismes de

gouvernance et le coût de la dette ainsi que l'effet de la loi SOX sur cette relation et nous annonçons nos hypothèses de recherche. La quatrième section traite les aspects méthodologiques. Dans la cinquième section, nous analysons et discutons les résultats obtenus. La conclusion fera l'objet de la dernière section.

2 LES PRINCIPALES DISPOSITIONS DE LA LOI SOX

Les multiples scandales financiers, qui ont secoué le monde des affaires aux États-Unis, à partir de l'année 2000 ont eu comme conséquence la perte de la confiance des investisseurs et des créanciers financiers envers la crédibilité de l'information financière et ont sonné l'échec du système de gouvernance traditionnel dans la prévention des manipulations comptables aberrantes.

Pour enfreindre ces pratiques frauduleuses et contrer cette crise majeure de confiance, l'État américain a réagi rapidement en votant le 30 juillet 2002 la loi Sarbanes-Oxley. La loi SOX ambitionne de réduire les fraudes et les conflits d'intérêts d'une part, et d'augmenter la transparence financière et la confiance des partenaires de la firme d'autre part.

Elle a contraint les entreprises américaines ou étrangères cotés sur le NYSE d'adhérer aux nouveaux standards de gouvernance. Cette réglementation a augmenté la responsabilité directe des hauts dirigeants des entreprises sur la qualité des rapports financiers et a infligé de nouvelles normes pour le conseil d'administration et ses comités. Les dispositions de gouvernance incluent principalement :

- La certification par le directeur général et le directeur financier que les états financiers reflètent fidèlement la situation financière de la firme faute de quoi, ils sont tenus à rembourser toute prime ou stock-options perçus dans les 12 mois suivant la publication d'un état financier frauduleux. Encore plus, les sanctions en cas de falsification des états financiers peuvent atteindre 20 ans de prison.

- La préparation par les internes d'un rapport détaillé et signalé le deuxième jour qui suit la transaction qu'ils ont effectuée.
- Les rapports annuels déposés auprès de la SEC[1] doivent inclure une déclaration de la direction affirmant qu'elle est responsable de la création et du maintien de contrôles internes adéquats et de l'évaluation de l'efficacité de ces contrôles.
- Le conseil d'administration doit être composé en majorité par des indépendants
- Les comités d'audit, de nomination et de rémunération doivent être formés exclusivement de membres indépendants[2].
- Le comité d'audit doit comporter au moins 3 membres.
- Les membres du comité d'audit ont librement le droit d'interroger et de questionner les auditeurs sans que les dirigeants de la société soient présents.
- Le comité d'audit peut élaborer des procédures de plaintes relatives au processus d'audit
- Au moins un expert financier doit être présent au sein du comité d'audit. Dans le cas contraire, les entreprises doivent justifier leurs décisions.
- L'interdiction pour les auditeurs externes de fournir à l'entreprise, dont ils vérifient les comptes, d'autres services qui ne sont pas liée à l'activité d'audit
- La création d'un conseil indépendant (*The Public Accounting Oversight Board, (PAOB)* chargé de superviser les pratiques d'audit des sociétés cotées. La mise en place de ce conseil a fondamentalement modifiée la réglementation de la profession d'audit qui était auparavant auto-réglementée.

Ceci dit, si la loi SOX est venue appuyer les bonnes pratiques de gouvernance et encadrer le pouvoir managérial, on devrait s'attendre à un changement de la perception de la gouvernance par les créanciers après cette réglementation.

[1] Securities and Exchange Commission

[2] L'indépendance indique qu'aucune relation n'existe entre les membres et l'équipe dirigeant. Ces derniers ne perçoivent aucune rémunération de la firme à titre de consultants.

3 REVUE DE LA LITTÉRATURE ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

La relation contractuelle entre la firme et ses créanciers financiers implique un double risque pour ces derniers.

- Avant l'octroi de crédit, les dirigeants peuvent se comporter d'une manière opportuniste et profiter de l'asymétrie de l'information. Ils gèrent les résultats afin de présenter une situation financière avantageuse aux créanciers et de bénéficier d'un coût de financement moins élevé (Djama, 2003).
- Au moment de l'exécution du contrat, l'opportunisme des actionnaires/dirigeants peut se concrétiser de diverses manières :
- Émettre des dettes ou sous-investir afin de distribuer des dividendes ;
- Adopter une politique d'investissement sous-optimale Myers (1977) ;
- Augmenter le niveau de risque supporté par les créanciers en s'engageant dans des projets plus risqués que les projets ayant suscités l'accord de crédit (substitution de l'actif) ;
- Violer les clauses spécifiées dans les contrats d'endettement ;
- Émettre des dettes futures à des conditions plus favorables.

Pour se couvrir contre ces risques, les créanciers augmentent le taux d'intérêt et exigent des garanties et des clauses restrictives dans le contrat d'endettement.

En revanche, la gestion de ces risques peut passer par des dispositifs de gouvernance efficaces qui garantissent une meilleure qualité de l'information financière et une contrainte au comportement opportuniste des dirigeants.

Dans le cadre de ce travail de recherche, nous nous intéressons aux principaux aspects de gouvernance ayant un impact probable sur le coût de la dette. Il s'agit principalement des caractéristiques du conseil d'administration, des caractéristiques du comité d'audit et de la structure de propriété.

3.1 LES CARACTÉRISTIQUES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION ET LE COÛT DE LA DETTE

La qualité du contrôle exercé par le conseil d'administration dépend extrêmement de sa structure et de son fonctionnement. Nous abordons successivement les effets des moteurs d'efficacité du conseil d'administration (sa taille, son indépendance et l'efficacité de ses comités) sur le coût de la dette.

3.1.1 LA TAILLE DU CONSEIL D'ADMINISTRATION ET LE COUT DE LA DETTE

La littérature financière ne fournit pas un consensus quant à la nature de la relation entre la taille du conseil d'administration et la qualité du contrôle.

L'étude d'Anderson et al. (2004) fut à priori la seule s'intéressant à l'effet des caractéristiques du conseil sur le coût de la dette avant l'instauration de la loi SOX. En se basant sur un échantillon de 252 firmes américaines sur la période 1993-1998, les auteurs dégagent une relation inverse entre la taille du conseil et le coût de la dette. Ils se basent sur l'argument de Daily et al. (1999) selon lequel, il est difficile pour les managers de dominer un conseil composé d'un nombre important d'administrateurs. Ces derniers sont chargés entre autres de protéger les intérêts des créanciers d'une part en veillant à l'efficience dans l'utilisation des ressources et d'autre part en fournissant aux créanciers des rapports financiers bien audités. Des études effectuées après la promulgation de SOX ont approuvés ces constats tel que (Fields et al., 2012) sur un échantillon de firmes américaines.

Alternativement, Lorca et al. (2011) suggèrent que la relation entre la taille du conseil et le coût de la dette est non linéaire indiquant qu'à partir d'un certain niveau les avantages d'un grand conseil sont contrebalancés par des problèmes de coordination et de communication entre les administrateurs et un temps de prise de décision plus accru. Ceci altère à l'efficacité du contrôle de cet organe.

De leur part, Piot et Missonier-Piera (2007), Bradley et Chen (2011) et Tanaka (2014) ne repèrent aucun effet significatif de la taille du conseil sur le coût de la dette respectivement sur le marché français, américain et japonais.

Ces contradictions ne nous permettent pas de prédire le sens de la relation qui lie la taille du conseil d'administration et le coût de la dette pour les deux périodes pré-SOX et post-SOX.

Notre première hypothèse est la suivante :

H_1 ***: Il existe une association entre le coût de la dette et la taille du conseil***

3.1.2 L'INDÉPENDANCE DU CONSEIL D'ADMINISTRATION ET LE COÛT DE LA DETTE

L'analyse théorique de Kroszner et Strahan (2001) attribue un rôle central aux administrateurs indépendants pour défendre les intérêts des parties prenantes. Ils précisent que les administrateurs indépendants, pour préserver leur capital humain non diversifiable et leur réputation, jouent un rôle d'arbitre et de médiateur entre les actionnaires, les dirigeants et les créanciers afin de maximiser la valeur partenariale, partager la rente organisationnelle et limiter le transfert de la richesse des créanciers vers les actionnaires.

Les études empiriques d'Anderson et al. (2004), Ashbaugh et al. (2006) appuient ce constat. Ils dégagent une association négative et significative entre l'indépendance du conseil et le coût de la dette. Ils jugent que les indépendants empêchent les décisions d'investissement non optimales ou de substitution de l'actif. L'hypothèse que nous retenons ainsi est la suivante :

H_{2-a} : ***Avant SOX, le pourcentage des indépendants au sein du conseil affecte négativement le coût de la dette***

Notons que l'une des recommandations de la loi SOX est de renforcer l'indépendance du conseil d'administration. En effet, (Linck et al., 2008) constatent que, dans la période qui suivait la promulgation de SOX, les membres du conseil sont plus susceptibles d'être des avocats, des consultants, des experts financiers ou des cadres retraités.

Par-dessus, les administrateurs au sein du conseil voient leur rôle devenir plus important après SOX. Ils veillent à ce que la société ait un système adéquat de contrôle interne et préservent l'intégrité des rapports financiers. Par ailleurs, des pénalités substantielles sont imposées aux conseils qui ne font pas preuve de diligence raisonnable. Nous pensons que le renforcement de l'indépendance des administrateurs est de nature à conforter plus les créanciers contre les problèmes de sous-investissement ou substitution de l'actif. Par conséquent, nous formulons l'hypothèse suivante :

L'étude empirique de Fields et al. (2012), analysant 1 460 prêts de banques commerciales sur la période suivant la promulgation de SOX (2003-2005) aux États-Unis dégagent une relation inverse entre le coût de la dette bancaire et le pourcentage des administrateurs indépendants.

Tenant compte des nouvelles dispositions règlementaires de SOX et leur impact sur gouvernance d'entreprise et spécifiquement sur la composition du conseil d'administration, Bradley et Chen (2015)montrent que la présence d'administrateurs indépendants affectent négativement le coût de la dette que lorsque les conditions de crédit sont fermes ou pour un niveau faible d'endettement ou lorsque les conflits actionnaires/créanciers ne sont pas accrus . Toutefois, les auteurs jugent que ces administrateurs indépendants nuisent aux créanciers lorsque les intérêts des créanciers et des actionnaires divergent. Les indépendants agissent dans l'intérêt des actionnaires et mettront en place des politiques qui amplifient le risque. Les créanciers engagent des coûts de surveillance très élevés pour contrôler les administrateurs indépendants au sein du conseil d'administration. Ils concluent que le coût de la dette accroit avec l'indépendance des admirateurs surtout lorsque les conflits d'agence entre les actionnaires et les créanciers sont accrus.

Compte tenu des nouvelles dispositions citées ci-dessus, nous pensons que les créanciers apprécient davantage la présence d'indépendants au sein du conseil. Par conséquent, nous formulons l'hypothèse suivante :

H_{2-b} : ***Après SOX, l'association négative entre le pourcentage des administrateurs indépendants et le coût de la dette est renforcée***

3.1.3 LA DUALITÉ ET LE COÛT DE LA DETTE

La dualité est définie comme étant le cumul de deux fonctions du CEO et du président du conseil d'administration. En dépit de très nombreuses recherches, l'effet de la dualité sur l'efficacité du conseil d'administration est encore ambigu.

Les partisans de la structure duale de direction (Brickley et al., 1997) avancent qu'elle devrait conduire à une performance supérieure car elle permet d'avoir un leadership clair dans une perspective de formulation et de mise en œuvre de la stratégie.

Toutefois, les tenants de la théorie organisationnelle (Jensen, 1993) supposent que la structure duale du leadership peut contrebalancer le pouvoir des administrateurs au sein du conseil et favorise l'enracinement du manager.

Des études établies après la mise en application de la loi SOX, Bradley et Chen (2011) démontrent que la structure duale n'a aucun impact significatif sur la note de crédit (*credit rating*) et sur le taux d'intérêt exigé sur le marché obligataire américain. Piot et Missonier-Piera (2007) et Lorca et al. (2011) trouvent des résultats similaires respectivement sur un échantillon de firmes françaises et espagnoles.

Contrairement à ces résultats, nous pensons que la concentration du pouvoir entre les mains du CEO est mal perçue par les créanciers. Elle exacerbe les risques de substitution d'actifs et d'expropriation subis par les créanciers étant donné que l'impartialité du conseil et son indépendance ne sont plus garanties. Notre hypothèse est ainsi la suivante :

H_{3-a} : ***Avant SOX, le cumul de fonction du CEO et du président du conseil affecte positivement le coût de la dette***

Après le passage à l'acte SOX (2002), Linck et al. (2008) s'aperçoivent que les entreprises optent plus pour une séparation du pouvoir du CEO. Nous admettons ainsi que les firmes sont de plus en plus conscientes que les avantages de l'atténuation du pouvoir managérial dépassent les pertes liées à la dilution du pouvoir tel que les coûts du contrôle du comportement du président et les coûts d'information. Nous anticipons ainsi qu'après SOX, les créanciers deviennent plus vigilants et soucieux et pénalisent sévèrement les firmes favorisant l'accroissement du pouvoir managérial. Notre hypothèse est la suivante :

H_{3-b} : ***Après SOX, l'association positive entre le coût de la dette et la dualité est renforcée***

3.1.4 LES COMITÉS DU CONSEIL D'ADMINISTRATION ET LE COÛT DE LA DETTE

La mise en place de comités spécialisés au sein du conseil d'administration améliore considérablement l'efficacité de cet organe dans l'exercice de ses fonctions.

Le comité de nomination prépare, entre autre, les décisions du conseil d'administration portant sur la nomination des membres des comités spécialisés et la nomination ou le renouvellement des membres du conseil d'administration…. Il tend ainsi à évaluer d'une manière indirecte la performance du conseil et surveille le rendement des administrateurs. La loi SOX (2002) recommande l'existence d'un comité de nomination formé uniquement de membres indépendants afin de ne pas altérer à son objectivité.

Quant au comité de compensation, il procède au nom du conseil d'administration à l'instauration de la structure de rémunération des cadres dirigeants et examine la politique générale d'attributions des stocks options. En revanche, Il pourra revoir le niveau de rémunération ou préciser les principes comptables servant au calcul du bonus s'il juge que les dirigeants abusent de la latitude comptable qui leur est laissée. Pour exercer efficacement son activité de contrôle sur les managers, la loi SOX exige l'indépendance totale de ce comité.

Klein (2002) trouve que l'existence de comités de nomination et de rémunération indépendants réduit le niveau de gestion des résultats et incite les dirigeants à agir dans l'intérêt des actionnaires, autrement ils vont subir les conséquences de leur discrétion sur leur rémunération.

L'étude de Piot et Missonier-Piera (2007) est la seule à avoir examiné l'effet de ces comités sur le coût de la dette sur un échantillon de firmes françaises. Ils décèlent une association négative entre le coût de la dette et la présence d'un comité de rémunération indépendant. Toutefois aucune association entre la présence d'un comité de nomination et le coût de la dette n'a été cernée dans leur étude.

En nous projetant sur le corollaire des constats de Klein (2002), nous pensons que l'existence de comités indépendants spécialisés améliore la qualité des chiffres comptables et sera favorablement perçue par créanciers. L'hypothèse implicite retenue est ainsi la suivante :

H_4 : ***La présence de comités de nomination et de rémunération indépendants affecte négativement le coût de la dette sur les deux périodes pré-SOX et post -SOX***

3.2 LES CARACTÉRISTIQUES DU COMITÉ D'AUDIT ET LE COÛT DE LA DETTE

Le comité d'audit se charge d'examiner les états financiers et de certifier leurs qualités. Il fournit une assurance raisonnable sur la fiabilité et la pertinence de ces rapports. La qualité de l'audit est généralement approchée par les chercheurs en comptabilité par plusieurs substituts principalement la taille, l'indépendance, l'expertise et la fréquence des réunions.

3.2.1 LA TAILLE DU COMITÉ ET LE COÛT DE LA DETTE

Mansi et al. (2004) considèrent que les auditeurs jouent le rôle d'intermédiaire entre l'entreprise et ses créanciers. Par ailleurs, un comité d'audit de grande taille est un gage d'efficacité du contrôle de la gestion des dirigeants par les auditeurs puisqu'il combine des expériences et des compétences. Il permet de détecter plus facilement toutes manipulations comptables et garantit la régularité de l'information comptable. Les auteurs décèlent une association négative entre la taille du comité d'audit et le coût des obligations émises. Un résultat similaire est rapporté par Anderson et al. (2004). Conformément à ces études, l'hypothèse 3que nous retenons est la suivante

H_{5a} : ***Avant SOX, la taille du comité d'audit affecte négativement le coût de la dette***

En se référant aux exigences de SOX, la loi préconise que, pour être efficace, un comité d'audit doit comporter au moins trois membres qui doivent être tous indépendants. Nous pensons que ces nouvelles exigences sont de nature à conforter plus les créanciers sur la qualité de l'information financière et une meilleure appréciation de la performance future de la firme. Dès lors, nous avançons l'hypothèse suivante :

H_{5-b} : ***Après SOX, l'association négative entre le coût de la dette et la taille du comité d'audit est renforcée***

3.2.2 L'INDÉPENDANCE DU COMITÉ D'AUDIT ET LE COÛT DE LA DETTE

Il est généralement admis que les auditeurs indépendants se caractérisent par leur disposition à révéler au marché toute anomalie détectée dans les états financiers puisqu'ils n'entretiennent aucune relation de toute nature avec la société qui puisse altérer l'exercice de leur liberté de jugement.

DeAngelo (1981) identifie l'indépendance de l'auditeur comme étant la caractéristique fondamentale pour mener un audit de qualité. L'indépendance est donc synonyme d'intégrité dans les états financiers.

Sur le plan empirique, Anderson et al. (2004) et Amir et al. (2010) suggèrent qu'une plus grande 'indépendance contribue à un moindre coût de la dette puisque l'indépendance du comité d'audit améliore la qualité et la crédibilité des rapports fournis. Ceci permet de remédier au risque d'évaluation éronnée de l'entreprise par ses créanciers et de réduire l'asymétrie d'information. En revanche, Piot et Missonier-Piera (2007) et Lorca et al. (2011) ne trouvent aucune association significative entre l'indépendance du comité d'audit et le coût de la dette.

Nous pensons plutôt que les créanciers apprécient la présence d'indépendants au sein du comité d'audit considérée comme une source d'assurance à la crédibilité des informations fournis et nous annonçons l'hypothèse suivante :

H_{6-a} : ***Avant SOX, l'indépendance du comité d'audit est négativement associée au coût de la dette.***

La loi SOX préconise que le comité d'audit doit comporter exclusivement des membres indépendants. Par ailleurs, des mesures strictes prises par cette loi ont contribué à renforcer cette indépendance. D'abord, les auditeurs externes ne peuvent plus offrir à l'entreprise, dont ils vérifient les comptes, des services autres que ceux qui sont directement reliés à cette activité (notamment des services liés à la mise en place de systèmes d'information). Ces restrictions sont de nature à limiter la dépendance financière des auditeurs externes à la société- client, à orienter les auditeurs à consacrer plus d'efforts et de temps à leur tâche de vérification et à un meilleur suivi des activités potentiellement frauduleuses. Ensuite, la création du nouvel organisme de réglementation et de surveillance qui avait pour mission de contrôler les cabinets d'audit et pénaliser les personnes physiques ou morales qui ne respectent pas les règles. Ceci a permis un contrôle plus minutieux de l'activité d'audit et un respect total de la loi. Enfin, la loi SOX considère comme illégal toute influence sur les auditeurs externes.

L'étude empirique de Amir et al (2010) est la seule à avoir examiné les implications de la loi SOX sur la relation entre le coût de la dette et l'indépendance des auditeurs. Les auteurs suggèrent que les restrictions imposées par SOX sur les auditeurs indépendants réduit la pression financière exercée par la société client sur ces auditeurs et les rendent plus diligents à surveiller le processus de présentation des états financiers, à annoncer les falsifications comptables détectées et à exercer une pression sur le client pour corriger ces inexactitudes. Ils trouvent que l'ampleur de la relation négative entre l'indépendance des auditeurs et le coût de la dette s'est renforcée après SOX. Pareillement, notre hypothèse est la suivante :

H_{6-b} : ***Après SOX, l'association négative entre le coût de la dette et l'indépendance est renforcée***.

3.2.3 LA COMPÉTENCE DES MEMBRES DU COMITÉ D'AUDIT ET LE COÛT DE LA DETTE

Selon DeAngelo (1981), l'efficacité de l'audit nécessite la réunion de deux attributs fondamentaux à savoir l'indépendance et la compétence. En ce sens, qu'un auditeur indépendant a l'intention de freiner la gestion des résultats mais il n'en sera capable qu'avec une certaine expertise financière ou comptable lui permettant de détecter une anomalie dans la comptabilité qu'il ausculte Ceci va de pair avec les recommandations du Blue Ribbon Committee (1999) selon lesquelles chaque membre du comité d'audit doit être lettré financièrement et qu'au moins un membre ait une expertise reliée à la gestion financière ou à la comptabilité.

En juillet 2002 ; la loi SOX est venue appuyer cette recommandation en exigeant la présence d'au moins un expert financier au sein du comité d'audit. Au contraire, les firmes doivent justifier un tel choix. Ces dispositions ont conduit davantage de fermeté et de rigueur dans la composition du comité d'audit.

Sur le marché de la dette, Anderson et al. (2004) ne trouvent aucune association significative entre le coût de la dette et la présence d'experts financiers. Ils concluent que les créanciers accordent plus d'importance à la présence d'auditeurs indépendants au sein du conseil qu'aux experts financiers. Leur souci est d'avoir une information conservatrice et rigoureuse.

Cependant, Fields et al. (2012) démontrent que les créanciers apprécient la présence d'expert financiers comme une source d'assurance à la fiabilité des états financiers et baisse le coût d'endettement exigé. Nous pensons de même que l'expertise financière stimule la fiabilité du contrôle interne et la pertinence des états financiers ce qui amène les créanciers à réduire leur niveau de risque perçu. L'hypothèse que nous avançons ainsi est la suivante :

H_7 : ***Le coût de la dette est négativement associé à la présence d'experts financiers au sein du comité d'audit pour les deux périodes pré SOX et post SOX***

3.2.4 L'ACTIVITÉ DU COMITÉ D'AUDIT ET LE COÛT DE LA DETTE

La fréquence de réunions est adoptée comme un substitut usuel de l'assiduité et de la responsabilité du comité d'audit. À cet effet, le rapport du Blue Ribbon Committee (1999) préconise que le comité d'audit, en tant que contrôleur du processus d'élaboration des états financiers, doit se réunir au moins 4 fois par an afin de garantir une meilleure qualité de l'information financière.

Anderson et al (2004) démontrent que la fréquence des réunions affecte négativement le coût de la dette. Ils concluent qu'un comité d'audit actif est apprécié par les créanciers financiers. Il transmet une information plus fiable étant donné qu'il est en mesure de découvrir instantanément toute tentative de fraudes.

Notons que la règlementation SOX n'a pas précisé clairement le nombre annuel de réunions du comité d'audit. D'ailleurs, une littérature relativement absente sur la relation entre le coût de la dette et la fréquence des réunions après SOX.

Nous pensons qu'un comité qui se réunit fréquemment consacre plus de temps aux problèmes de gestion des résultats et aux conflits d'intérêts ce qui permet de maintenir une information de qualité pour les créanciers. L'hypothèse que nous retenons est la suivante :

H_8 : L'activité du comité d'audit affecte négativement le coût de la dette pour les deux périodes pré- SOX et post-SOX.

3.3 LA STRUCTURE DE PROPRIÉTÉ ET LE COÛT DE LA DETTE

En pratique, les attentes et les comportements des actionnaires dépendent fortement de deux éléments : la part dans le capital et l'identité. Nous nous focalisons sur les effets de la propriété managériale et de la propriété des investisseurs institutionnels sur le coût de la dette.

3.3.1 LA PROPRIÉTÉ MANAGÉRIALE ET LE COÛT DE LA DETTE

L'impact de la propriété managériale sur le coût de la dette a abouti à de nombreuses controverses théoriques et empiriques.

En effet, Bagnani et al. (1994) constatent que la relation entre la propriété managériale et le coût de la dette est curviligne :Pour des niveaux très bas de participation des dirigeants dans le capital de la firme, la propriété managériale affecte positivement le coût de la dette tandis que la relation devient négative pour des niveaux de participation très élevés. Ils argumentent que, pour des niveaux bas ou intermédiaires de participation, la propriété managériale est destructrice de la valeur puisque les avantages perçus par les dirigeants opportunistes sont supérieurs à la perte due à la réduction de la valeur de la firme. Cependant, les dirigeants agissent dans l'objectif de la maximisation de la valeur totale de la firme pour des niveaux de participation élevés

Anderson et al (2004) ne constatent, quant à eux, aucun effet de la propriété managériale sur le coût de la dette. Alternativement, Ortiz-Molina (2006) enregistre une association positive entre la propriété managériale et le coût des obligations émises qui tend à s'atténuer pour des niveaux très élevés de la propriété managériale.

La seule étude qui examinait l'effet médiateur de la loi SOX sur la perception de la propriété managériale par les créanciers est celle de Ghouma (2008). Cet auteur décèle une association négative entre la propriété managériale et le coût de la dette pour la période pré-SOX mettant en relief l'hypothèse de la convergence des intérêts. Toutefois, les créanciers demandent un coût plus élevé après SOX. L'auteur conclut que le pouvoir disciplinaire de la propriété managériale est remis en cause après l'adoption de SOX.

Contrairement à Ghouma, nous pensons que la relation entre la propriété managériale et le coût de la dette est prétendument positive avant SOX. En effet, même en augmentant leur part dans le capital, les dirigeants ont des incitations financières nettement différentes de celles des créanciers. Ils peuvent agir dans l'intérêt exclusif des actionnaires en investissant dans des projets risqués, sous investir, augmenter le niveau d'endettement pour ne pas diluer leur part dans le capital de la firme, ou extraire de bénéfices privés de contrôle. Notre hypothèse est comme suit :

$H_{9\text{-}a}$: ***Avant SOX, la propriété managériale affecte positivement le coût de la dette.***

Dimitrova (2009) argumente que les dispositions strictes de gouvernance mise en place suite à la promulgation de SOX, tel que la divulgation très rapide des transactions d'achat et de ventes effectués par les internes, ont réussi d'une part à orienter les intérêts des dirigeants vers la maximisation de la valeur totale de la firme et d'autre part à limiter l'extraction de bénéfices privés de contrôle lorsqu'il y a un accroissement de la propriété managériale.

Dans le même ordre d'idée, Bartov et Cohen (2009) et Bargeron et al. (2010) attestent qu' après SOX, les dirigeants deviennent plus averses au risque et évitent d'investir dans des projets risqués ce qui est de nature à réduire considérablement les problèmes de substitutions de l'actif affrontés par les créanciers.

En nous projetant sur le corollaire des constats de Dimitrova (2009), nous anticipons qu'après SOX, la propriété managériale est appréciée par les créanciers. En effet, les intérêts des dirigeants et des créanciers convergent vers la maximisation de la valeur totale de la firme et les problèmes d'expropriation et de substitution de l'actif sont moins prépondérants pour la période post SOX. L'effet de convergence domine l'effet de l'enracinement et la propriété managériale affecte négativement le coût de la dette. Notre hypothèse est ainsi la suivante :

$H_{9\text{-}b}$: ***Après SOX, la propriété managériale affecte négativement le coût de la dette***

3.3.2 LA PROPRIÉTÉ DES INVESTISSEURS INSTITUTIONNELS ET LE COÛT DE LA DETTE

Maintes recherches ont étudié l'impact de la propriété des investisseurs institutionnelle sur le coût de la dette. Bhojraj et Sengupta (2003) démontrent que les firmes ayant une propriété institutionnelle concentrée bénéficient d'un taux de rendement des obligations plus bas et d'une notation plus élevée auprès des agences de rating au moment de l'émission de nouvelles obligations. Les créanciers apprécient ainsi la participation des investisseurs institutionnels dans le capital de la firme. Ces derniers sont considérés comme étant des contrôleurs actifs des activités managériales et des transmetteurs crédibles d'informations sur le marché financier. Ce même résultat est confirmé par Klock et al. (2005), Piot et Missonier-Piera (2007) ; Shuto et Kitagawa (2011) et Aman et Nguyen (2013).

En revanche, Fields et al. (2012), analysant 1 460 prêts de banques commerciales sur la période 2003-2005 aux États-Unis, contestent ces résultats et trouvent une relation positive entre la propriété institutionnelle et le coût de la dette bancaire. Toutefois, (Ashbaugh et al., 2006), Bradley et Chen (2011) et Sanchez-Ballesta et Garcia-Meca (2011) ne trouvent aucun impact significatif de la propriété institutionnelle sur le coût de la dette. Ils défendent l'idée que les investisseurs institutionnels sont des gestionnaires de portefeuilles qui ne contrôlent en aucun cas les décisions managériales et ne cherchent que le profit à court terme (Porter, 1991 ; Karpoff et al., 1996).

Nous pensons plutôt que les créanciers apprécient la participation des investisseurs institutionnels dans le capital de la firme. En effet, les coûts élevés qu'ils supportent en cas d'une liquidation de leurs actions ainsi que la perte de leur réputation entant qu'investisseurs experts et sophistiqués les engagent à empêcher toute fraude comptable.

L'hypothèse à tester est la suivante :

$H_{10\text{-}a}$: ***Avant SOX, la propriété des investisseurs institutionnels affecte négativement le coût de la dette.***

Par ailleurs, nous anticipons que la mise en place de la loi SOX a incité les investisseurs à s'engager dans un contrôle plus actif des activités managériales et ce pour certaines raisons à savoir :

-D'une part, les dispositions de SOX ont contribué à réduire l'asymétrie d'information. Ceci va engendrer une baisse des coûts supportés par les investisseurs institutionnels pour contrôler les activités managériales. Cette baisse du coût renforce la volonté des investisseurs institutionnels à exercer efficacement leurs activités de contrôle (Ertuna et Tükel, 2013 ; Park, 2016).

D'autre part, les investisseurs institutionnels incitent les firmes à promouvoir les bonnes pratiques de gouvernance afin de minimiser leurs coûts de surveillance et répondre à leurs responsabilités fiduciaires (Ertuna et Tuckel, 2013)

Tenant compte des arguments sus mentionnés, notre hypothèse est la suivante :

$H_{10\text{-}b}$: ***Après SOX, l'association négative entre la propriété institutionnelle et le coût de la dette est renforcée.***

4 ÉCHANTILLON ET MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

Nous présentons dans ce qui suit notre échantillon ainsi que les aspects méthodologiques adoptés pour tester nos hypothèses.

4.1 ÉCHANTILLON

L'échantillon est formé de 486 firmes américaines cotées extraites de Fortune 1000 et opérant dans des secteurs différents. Nous avons écarté les firmes qui appartiennent au secteur financier (SIC 6000-6999) ayant des techniques de comptabilisation et de présentation des états financiers spécifiques. La période de l'étude s'étale de 1998 jusqu'à 2008 exclusion faite de l'année 2002 qui est une année transitoire de mise en application de la loi SOX. Les observations des cinq premières années (1998-2001) concernent la période pré-SOX. La période post-SOX, s'étend de 2003 jusqu'à 2008.

Le site *EDGARSCAN* est notre source fondamentale de collecte des données comptables. Ces données sont extraites directement à partir des rapports trimestriels des firmes 10Q et de leurs rapports annuels 10K. Les données de gouvernance sont collectées manuellement à partir des rapports des mandataires disponibles sur les fichiers de la Securities and Exchange Commission (SEC).

4.2 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

Pour valider nos hypothèses, nous allons estimer le modèle linéaire multiple en panel suivant :

$$CE_{i,t} = \alpha_0 + \sum_i \beta_i * Mécanismes\ de\ gouvernance\ i,t + \sum_j \gamma_j * variables\ de\ contrôle_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

i désigne l'entreprise ;

t désigne l'année de l'observation.

Rappelons que notre objectif est de tester si les créanciers ont révisé leurs perceptions à l'égard des mécanismes de gouvernance après les exigences de la loi SOX. Pour ce faire, nous allons scinder notre échantillon en deux sous échantillons. Le premier regroupe les observations qui s'étalent de 1998 jusqu'à 2001 alors que le second comprend les observations des années 2003 jusqu'à 2008. Le modèle précédent sera estimé ainsi sur les deux sous –périodes. Le changement du signe et de la significativité d'un attribut de gouvernance pour la période post-SOX signifie que les créanciers ont changé leur appréciation sur cet attribut.

- **La variable dépendante**

CE désigne la variable dépendante de ce modèle à savoir le coût de la dette. Il est mesuré par le montant des charges d'intérêt rapporté au montant total du passif financier.

- **Les variables d'intérêt**

Les variables d'intérêts sont les attributs de gouvernance reflétant la qualité du système de gouvernance de la firme. Le tableau ci-après fournit la liste des variables de gouvernance retenues, leurs définitions, leurs notations ainsi que leurs mesures.

Tableau 1. Liste des variables de gouvernance

Variables	Définitions	Mesures
TAILCA	La taille du conseil d'administration	Le nombre total des administrateurs
INDPCA	La composition du conseil d'administration	Le pourcentage des administrateurs indépendants au sein du conseil
DUALI	La dualité	Variable binaire : = 1 si le CEO est en même temps président du CA et 0 si non
NOMIN	L'existence d'un comité de nomination indépendant	Variable binaire : = 1 s'il y a un comité de nomination indépendant et 0 si non
COMPENSA	L'existence d'un comité de rémunération indépendant	Variable binaire : = 1 s'il y a un comité de rémunération indépendant et 0 si non
TAILAUD	La taille du comité d'audit	Le nombre total des auditeurs au sein du comité d'audit
INDAUD	L'indépendance du comité d'audit	Le pourcentage des indépendants au sein du comité d'audit
EXPERTISE	La compétence du comité d'audit	Le pourcentage des experts financiers dans le comité d'audit
REUNION	L'activité du comité d'audit	Le nombre de réunions du comité d'audit par an
MANG	La propriété managériale	Le pourcentage d'actions détenues par les managers et les administrateurs de la firme
INSTITU	La propriété des investisseurs institutionnels	Le pourcentage des actions détenues par les investisseurs institutionnels

- **Les variables de contrôle**

Les variables de contrôle retenues sont celles qui sont considérées par la littérature financière comme étant des facteurs susceptibles d'influencer le jugement des créanciers financiers quant au taux d'intérêt accordé.

- La taille de la firme : Sengupta (1998) et Klock et al. (2005) prévoient que les grandes entreprises supportent des coûts d'endettement assez faible relativement aux entreprises de petites tailles vu qu'elles ont tendance à être les plus diversifiées et donc les moins exposées au risque de faillite. La taille (TAILLE) de la firme est mesurée par le logarithme népérien de l'actif total.
- L'endettement : Plusieurs chercheurs montrent qu'un endettement excessivement élevé conduit à un accroissement du risque financier (Kim, 1978) ; (Leland, 1998). À partir du moment où l'endettement n'est plus maîtrisé, la firme risque de tomber en faillite. Dès lors, les créanciers exigent une prime de risque assez élevée lorsque la firme est très endettée et ce afin de se prémunir contre le risque de non remboursement de leur créance. Nous nous attendons à une relation positive entre le ratio d'endettement et le coût de la dette. Le taux d'endettement (END) est appréhendé par le montant de la dette totale rapporté à l'actif total.
- Le risque d'exploitation : DeAngelo et Masulis (1980) affirment que la volatilité du bénéfice accroît le risque de faillite de l'entreprise. Ils ajoutent que les investisseurs trouvent une difficulté à prévoir le bénéfice futur d'une firme ayant une variabilité élevée de son résultat. Nous prévoyons que les firmes risquées subissent un coût d'endettement élevé. Nous adoptons la mesure de Burgman (1996) à savoir la variation du bénéfice avant intérêts et impôts rapportée par la moyenne des bénéfices avant intérêts et impôts (RISQ).
- Le niveau des dividendes : Les clauses de contrat de prêt limitent généralement le versement de dividendes aux actionnaires dans la mesure où le paiement de dividendes peut être financé par une réduction des investissements ou par une émission de dettes. Nous anticipons ainsi une relation positive entre le niveau de dividendes et le coût d'endettement. Les dividendes (DIVID) sont définis dans notre étude par le ratio : Dividendes/ Bénéfice net.

5 LES RÉSULTATS EMPIRIQUES

Avant de procéder à la régression du modèle multi variée, nous exposons certaines caractéristiques de notre échantillon ainsi que les résultats du test de comparaison de moyenne des variables retenues pour les deux sous périodes pré-SOX et post-SOX.

5.1 LES STATISTIQUES DESCRIPTIVES ET ANALYSE UNI VARIÉE

Les statistiques descriptives du coût de la dette et des attributs de gouvernance sur toute la période de l'étude ainsi que sur les deux sous –périodes pré-SOX et post –SOX sont exposées dans le tableau 3. D'un point de vue économétrique, nous avons fait appel au test non paramétrique de Mann- Whitney pour deux échantillons indépendants[3]

Tableau 2. Statistiques descriptives sur toute la période 1998-2008 et test de comparaison des moyennes entre les deux sous périodes pré –SOX et post-SOX

Variables	Moyenne	Pré-SOX (1998-2001)	Post-SOX (2003-2008)	Z-statistics
Coût de la dette	0,078	0,081	0,065	-10,442**
Propriété managériale	0,1411	0,1485	0,1301	-1,290
Propriété institutionnelle	0,252	0,2304	0,2798	-8,808**
Taille du conseil d'administration	9,4714	9,5555	9,2571	-2,404*
Pourcentage des indépendants dans le conseil d'administration	0,748	0,709	0,812	-5,365**
Taille du comité d'audit	3,830	3,8024	3,8452	-1,213
Pourcentage des indépendants dans le comité d'audit	0,961	0,945	1,000	-10.028**
Pourcentage des experts financiers dans le comité d'audit	0,276	0,2305	0,3675	-15,124**
Nombre de réunions du comité d'audit	4,866	3,421	7,292	-11,27**
Dualité ♦	0,6870	0,7252	0,6557	-4,509**
Existence d'un comité de nomination indépendant ♦	0,5692	0,4345	0,7102	-6,659**
Existence d'un comité de rémunération indépendant ♦	0,9335	0,9011	0,9811	-3,516**

**Significatif au seuil de 5% ; ** Significatif au seuil de 1%*

♦ Il s'agit des fréquences

Les statistiques descriptives indiquent que le coût moyen de la dette est relativement élevé de l'ordre 7,77%. Les firmes de notre échantillon ont des conseils d'administrations de grande taille composés en moyenne d'environ 10 administrateurs. Ces administrateurs semblent être bien indépendants avec une présence de 72,84% d'administrateurs indépendants. Toutefois, l'efficacité du contrôle exercé par le conseil d'administration semble être contrebalancée par la concentration du pouvoir du CEO qui préside le conseil d'administration dans 69% des firmes constituant notre échantillon. La moitié des conseils délègue les responsabilités de nomination à un comité indépendant

Toutes les entreprises de notre échantillon ont un comité d'audit qui comporte en moyenne 4 membres. Ce comité est dominé par des indépendants (96,13%) et se réunit en moyenne 4 à 5 fois par an. Ceci va de pair avec les recommandations du Blue Ribbon Committee (1999) qu'un comité d'audit doit avoir au moins quatre réunions par an permettant une meilleure communication entre ses membres. En moyenne 27,63% des auditeurs ont une expertise financière. La quasi-totalité des entreprises dans notre échantillon ont un comité de rémunération indépendant. Cette constatation reflète une réglementation stricte adoptée par la SEC qui opte pour l'indépendance de ce comité dans l'élaboration de ses missions.

Concernant la structure de propriété, les managers et les administrateurs détiennent en moyenne 14,11% du capital tandis que la propriété des investisseurs institutionnels est assez concentrée (25, 47%). Ceci explique bien que les investisseurs institutionnels prennent de plus en plus de l'importance dans le capital des entreprises américaines étant donnée la qualité de leur contrôle comparativement aux autres types d'actionnaires.

Les statistiques descriptives résultantes du test de comparaison des moyennes révèlent des différences significatives entre les deux sous périodes pré-SOX et post-SOX. En effet, nous remarquons que les créanciers ont significativement baissé le coût d'endettement exigé durant la période qui a suivi la promulgation de la loi SOX. Nous concluons que les révisons majeures dans les pratiques de gouvernance imposées par SOX, notamment celles relatives à l'indépendance totale des auditeurs et la

[3] Nous avons procédé au test non paramétrique étant donné que le coût de la dette ainsi que certaines variables de gouvernance ne suivent pas la loi normale.

certification des comptes par les dirigeants ont permis de rétablir la confiance sur le marché de la dette concernant la fiabilité et l'intégrité des états financiers.

Suite au passage à l'acte réglementaire SOX, nous constatons que les conseils d'administration comprennent plus d'indépendant et optent davantage pour une séparation des postes de CEO et président du conseil d'administration. Étant plus objectif et indépendant, le rôle disciplinaire du conseil se renforce et permet d'assurer un suivi permanent des décisions stratégiques de la firme. En revanche, la taille du conseil d'administration a baissé après SOX. Ceci peut être afin d'assurer une meilleure coordination entre les administrateurs indépendants et une rapidité dans le processus de décision.

S'agissant du comité d'audit, nous remarquons que les pourcentages des indépendants et des experts financiers au sein du comité d'audit ont significativement augmenté. La moyenne est passée respectivement de 94,5% et 23,05% à 100% et 36,75%. Ce résultat est la conséquence directe de l'application de la loi SOX qui exige l'indépendance totale des membres du comité d'audit et la présence d'experts financiers. Nous avançons que ces révisons conduisent à plus de rigueur et de fermeté dans l'examen des rapports financiers. La fréquence des réunions du comité d'audit a connu une croissance spectaculaire. En effet, elle a plus que doublé, ce qui met en relief l'intéressement des auditeurs à assurer une meilleure qualité des rapports financiers.

Par ailleurs, nous apercevons une augmentation considérable dans l'existence de comités spécialisés au sein du conseil d'administration. En effet, avant 2002, 43,45% des firmes de notre échantillon disposent d'un comité de nomination indépendant. Ce taux est passé à 71,05% pour la période post SOX. De même, nous notons qu'après SOX, la quasi-totalité des firmes disposent d'un comité de rémunération indépendant. Ceci montre que les firmes deviennent de plus en plus conscientes que l'efficacité du conseil dans l'exercice de ses fonctions s'améliore en présence de comités spécialisés.

D'un autre côté, nous décelons des modifications significatives au niveau de la structure de propriété des firmes de notre échantillon après le passage à l'acte réglementaire SOX. En effet, le niveau de la propriété managériale a significativement baissé tandis que la propriété des investisseurs institutionnels a augmenté. Ces constatations vont dans le sens des conclusions tirées par Chung et Zhang (2011) et Ertuna et Tuckel (2013) selon lesquelles les investisseurs institutionnels investissent plus dans les firmes qui possèdent un système de gouvernance efficace afin de diminuer leurs coûts de contrôle. En revanche, si l'accroissement de la propriété des investisseurs institutionnels est associé à une meilleure qualité de gouvernance, l'effet du changement de la propriété managériale est moins évident.

D'après ces résultats, nous pouvons conclure que les firmes sont en train de restructurer la structure de leur conseil et leurs comités en renforçant les bonnes pratiques de gouvernance afin de satisfaire les exigences de la loi SOX et rétablir la confiance des parties prenantes .

Nous étudions dans ce qui suit les effets de ces mutations sur la perception de la gouvernance du point de vue des créanciers.

5.2 LES RÉSULTATS DU MODÈLE MULTI VARIÉE

Avant de procéder aux estimations, il est indispensable de procéder aux principaux tests usuels à savoir le test de multi colinéarité entre les variables explicatives et les tests permettant de choisir la méthode d'estimation à utiliser.

5.2.1 TEST DE MULTICOLINÉRARITÉ

La détection de la multi colinéarité se base sur l'étude de la matrice des corrélations bivariées entre les variables explicatives du modèle et sur le calcul du facteur d'inflation de la variance (Variance Inflation Factor : VIF). Le tableau 3, présentant les corrélations entre les variables explicatives du modèle ainsi que les VIF, démontre que le problème de multi colinéarité ne se pose pas dans notre modèle. En effet, les coefficients de corrélation sont tous inférieurs à 0,8 ce qui correspond à la limite tolérée par (Kennedy, 2003) et les paramètres (VIF) ont tous une valeur inférieure à 3, la limite tolérée par Myers (1990).

Tableau 3. Matrice des corrélations de Pearson entre les variables explicatives du modèle

	TAILCA	INDPCA	REUNION	DUAL	NOMIN	COMPESAT	TAILAUD	INDPAU	EXPERT	MANG	INSTITU	TAILLE	DIVID	RISQ	END	VIF
TAILCA	1															1,762
INDPCA	0,001	1														1,249
REUNION	0,159**	0,230*	1													1,154
DUALI	0,107*	0,104*	0,07	1												1,087
NOMIN	0,139**	0,166**	0,071**	-0,034	1											1,211
COMPENSA	0,05	-0,01	-0,987*	-0,004	-0,01	1										1,113
TAILAUD	0,347**	0,163	0,180**	0,161*	0,004	0,075**	1									1,566
INDAUD	0,103*	0,252**	0,074**	0,018	0,132**	0,151**	0,104**	1								1,112
EXPERTISE	0,215**	0,257**	0,079**	0,059*	0,058**	0,071**	0,267**	0,004	1							1,053
MANG	-0,08*	-0,13*	-0,06*	0,03	-0,01	-0,02	-0,08*	-0,03	-0,08*	1						1,038
INSTITU	-0,142**	-0,11**	0,008	-0,007	0,072**	0,085**	-0,086**	0,104**	0,017	-0,007	1					1,064
TAILLE	0,455**	0,452**	0,258**	0,182**	0,077**	0,071**	0,334**	0,083**	0,211**	0,014	0,134**	1				1,825
DIVID	0,112**	0,118**	0,052**	0,064**	0,015	0,017	0,107**	0,024	0,027	0,007	-0,048**	0,084**	1			1,363
RISQ	-0,005	0,011	0,01	-0,005	-0001	-0,001	0,012	-0,008	0,001	0,001	-0,005	-0,04**	0,009	1		1,172
END	0,163**	0,165**	0,088**	0,078**	0,018	0,022	0,146**	0,027	0,1**	-0,007	0,043**	0,158**	0,026	0,021*	1	1,068

***Significatif au seuil de 1%, *Significatif au seuil de 5%*

5.2.2 CHOIX DE LA MÉTHODE D'ESTIMATION

Nous avons adopté la technique des données de panel. Chaque observation de notre échantillon possède une double dimension (entreprise, année). Avant de procéder à l'estimation, quatre tests sont menés pour valider la spécification du modèle :

- Le test de Fisher : Ce test nous permet de vérifier si notre modèle est homogène ou à effets individuels. La statistique de Fischer F=5,75 (Prob>F est <0,001). La p-value étant inférieur au seuil de signification de 5%, nous rejetons ainsi l'hypothèse nulle que le modèle est homogène et nous affirmons l'existence d'effets spécifiques aux entreprises.
- Le test de Hausman : Le test précédent a démontré l'existence d'effets individuels, il convient à ce niveau de choisir entre les modèles à effets fixes ou les modèles à effets aléatoires. Le test d'Hausman nous permet de trancher lequel de ces deux modèles est plus approprié à nos données. Le résultat de ce test montre que la statistique Chi^2 = 1441,47, Prob > Chi^2 est < 0,05. Le modèle à effets fixes est préférable au modèle à effets aléatoires
- Le test d'homoscédasticité : une des principales hypothèses en matière de régressions multiples est l'homoscédasticité qui stipule que la variance des termes d'erreurs est supposée être constante. Le test de. Breusch-Pagan montre que Pro>chi^2 est <0,01. Nous rejetons ainsi l'hypothèse nulle et nous admettons la présence d'hétéroscédasticité.
- Le test de corrélation : une autre hypothèse fondamentale des régressions multiples est l'absence de corrélation entre les termes d'erreurs. Pour tester cette hypothèse, nous avons eu recours au test de Wooldridge qui montre F(1,420) = 959,127 et p-value < 0,001. Dès lors, nous rejetons l'hypothèse nulle et nous confirmons que les termes d'erreurs sont auto corrélées.

Tenant compte de la présence de problème d'hétéroscédasticité et d'autocorrélation, nous retenons la méthode des moindres carrées généralisés (MCG). Cette méthode est plus pertinente que la méthode des moindres carrées ordinaires qui ne peut être mobilisée que lorsque le modèle est homogène.

5.2.3 ANALYSE DES RÉSULTATS

Les résultats du modèle estimé sur les deux sous périodes pré-SOX et post-SOX sont réunis dans le tableau ci-après (le tableau 4).

Tableau 4. Résultats des estimations des modèles testant l'impact des mécanismes de gouvernance sur le coût de la dette pour les deux sous périodes (Pré-SOX et Post-SOX)

La variable dépendante : COÛT_DETTE						
Les variables indépendantes	**Pré-SOX (1998-2001)**		**Post-SOX (2003-2008)**		**Difference**	**Z-statsistic**
	Coefficient	**Z-Statistic**	**Coefficient**	**Z-Statistic**		
TAILCA	0,256	4,07*	0,007	0,92	-0,249	-3.82*
INDPCA	-0,316	-47,65*	-0,498	-62,05*	-0,182	-15.67*
DUALI	0,031	7,43*	0,016	4,81*	-0.015	-3.74*
NOMIN	-0,0004	-0,96	-0,0006	-0,71	-0.0002	-0.151
COMPENSA	0,0009	1,59	0,0008	0,76	-0.0001	-0.116
TAILAUD	0,0016	3,26*	-0,0220	-6,14*	-0,0236	-6.89*
INDAUD	0,0451	15,67*	-0,0708	-17,97*	-0,1159	-20.13*
EXPERTISE	-0,0004	-1,03	-0,011	-4,70*	-0,0106	-2.95*
REUNION	-0,002	-0,77	-0,017	-2,89*	-0,015	-2.17*
MANG	0,260	4,11*	0,021	3,74*	-0,239	-3.15*
INSTITU	-0,027	-7,83*	-0,033	-9,49*	-0,006	-5.46*
TAILLE	-0,0004	-0,96	-0,0006	-0,71	-0,0002	-0.62
DIVID	0,017	2,9*	0,031	6,33*	0,014	6.23*
RISQ	0,0027	3,40*	0,0012	8,49*	-0.0025	-4.49*
END	0,0043	13,75*	0,0026	8,37*	-0.0017	-9,18*
Constante	0,1804	25,70*	0,0088	12,55*	-0.1716	-16,36*

**Significatif au seuil de 1%*

L'analyse en sous période révèle l'existence de mutations considérables dans la relation entre le coût de la dette et les attributs de gouvernance en fonction de la période d'étude. Ceci amène à dire que les dispositions mises par la loi SOX ont modifié la perception des créanciers sur certains attributs de gouvernance.

En effet, nos résultats indiquent que le coût de la dette est une fonction croissante de la taille du conseil d'administration durant la période pré-SOX. Les créanciers considèrent donc qu'un large conseil d'administration, visant à agir dans l'intérêt des actionnaires, nuit à leurs intérêts en approuvant par exemple des projets d'investissement trop risqués. Ils engagent ainsi des coûts élevés pour pouvoir contrôler un nombre très important d'administrateurs. Néanmoins, la taille du conseil d'administration n'a aucun effet significatif sur le coût de la dette pour la période post –SOX. Nous pouvons dire que les exigences additionnelles imposées par la loi SOX sur le fonctionnement du conseil ont constitué un moyen direct pour protéger les créanciers contre les décisions prises par le conseil indépendamment de sa taille. D'ailleurs, après SOX, des pénalités substantielles sont associées aux conseils qui ne font pas preuve de diligence raisonnable.

Conformément aux hypothèses avancées, nous trouvons que l'indépendance du conseil est favorablement perçue par les créanciers et affecte négativement le coût de la dette sur les deux sous périodes de l'étude. Ceci confirme l'idée que les administrateurs indépendants, soucieux de préserver leur réputation et leur capital humain non diversifiable se considèrent responsables de la protection de tous les partenaires de la firme, outre les actionnaires. Ils peuvent ainsi s'opposer aux décisions les plus contestables. En effet, cette relation négative est plus prononcée après-SOX. Nous concluons que les créanciers ont apprécié le développement du rôle attribué aux indépendants après SOX. Ces derniers veuillent, désormais, à ce que la société ait un système adéquat de contrôle interne et préserve l'intégrité des rapports financiers.

Conformément à nos prédictions, les résultats dévoilent que l'association entre le coût de la dette et la dualité est positive sur les deux sous périodes de notre étude. Nous déduisons que le manque d'indépendance entre l'équipe dirigeante et le conseil d'administration est mal perçu par les créanciers puisqu'il constitue une entrave au contrôle effective de la discrétion managériale ce qui encourage les managers à entretenir les projets les plus risqués afin de maximiser leurs rentes En revanche, cette relation positive tend à s'atténuer après SOX. Ceci corrobore les résultats de Cohen et al. (2009) et Bargeron et al. (2010) qu'après SOX, le pouvoir managérial s'affaiblit et le CEO est moins enclin à entreprendre des projets risqués et à diffuser des informations incertaines. Ceci est de nature à réduire la vigilance des créanciers envers la concentration du pouvoir entre les mains du CEO.

Nous remarquons que les créanciers n'accordent aucune importance à la présence de comités de nomination et de rémunération indépendants sur les deux sous périodes de l'étude. Apparemment, ces attributs de gouvernance ne présentent pas du point de vue des créanciers des outils de contrôle efficaces permettant de protéger leurs intérêts contre l'expropriation,

le sous- investissement et la substitution de l'actif. Ce sont plutôt des leviers de gouvernance actionnariale que les autres parties prenantes n'en tirent pas profit. Nous pouvons conclure que les pressions de la loi SOX ont poussé les entreprises à adopter des structures de gouvernance bien déterminées protégeant les intérêts des actionnaires mais qui n'ont aucune influence sur les décisions des créanciers.

Par ailleurs, nous remarquons qu'il existe des mutations considérables dans la relation entre les variables reflétant la qualité d'audit (la taille, la fréquence des réunions, l'indépendance et l'expertise financière) et le coût de la dette entre les deux sous périodes. Spécifiquement, les résultats révèlent que la taille du comité d'audit affecte positivement le coût de la dette durant la période pré-SOX. Ceci va de pair avec l'argument qu'un large comité d'audit peut aboutir à une rigidité au niveau de la prise de décision et donc à des comités moins opérationnels. Anticipant un tel scénario, Les créanciers imposent un coût d'endettement plus élevé. Toutefois, nos estimations révèlent qu'un large comité d'audit est apprécié par les créanciers et affecte négativement le coût de la dette pour la période post -SOX. Ce changement est nécessairement dû à la restructuration dans la composition du comité d'audit imposée par la loi SOX. En effet, la loi SOX a réduit fortement la variance en termes de composition du comité d'audit en imposant une indépendance entière de ce comité. De ce fait, un large comité d'audit indépendant combinant des expériences et des compétences différentes réduit considérablement le risque de fraude et garantit une meilleure qualité de l'information aux créanciers.

D'un autre côté, nous décelons une association positive entre le coût de la dette et la présence des auditeurs indépendants avant SOX. À partir de ce résultat, les créanciers remettent en cause la qualité des auditeurs indépendants avant SOX. Ceci corrobore les propos de DeFond et al. (2002) selon lesquels un auditeur indépendant peut être amené à abandonner son indépendance et l'impartialité de ses opinions s'il accomplit des services non liés à l'audit à la société client afin de conserver ses revenus lucratifs et entretenir une bonne relation avec la société client.

En revanche, nous relevons un changement dans la nature et l'ampleur de la relation entre le coût de la dette et l'indépendance des auditeurs qui devient significativement négative après SOX et ce conformément aux résultats dégagés par Amir et al (2010). Nous pensons que deux arguments peuvent expliquer cette mutation :

Premièrement, la loi SOX a contraint les auditeurs à fournir d'autres services accessoires non liés à l'audit qui risquent d'accroitre leur dépendance financière à la société client. Cette contrainte renforce le degré d'indépendance choisi par les auditeurs qui fournissent désormais un effort considérable au niveau de la revue des états financiers afin de protéger leur réputation.

Deuxièmement, la mise en place du nouvel organisme de réglementation (*the Public Company Accounting Oversight Board*) disposant de pouvoirs de contrôle, d'enquêtes et de sanctions des cabinets d'audit et des personnes physiques ou morales accroit la responsabilité des auditeurs indépendants et les amènent à fournir un audit de qualité.

En examinant, l'effet de l'expertise financière et la fréquence des réunions sur le coût de la dette, nous ne décelons aucun effet significatif de ces deux variables avant la promulgation de la loi SOX tandis que l'association devient significativement négative suite à la mise en application de cette loi. À partir de ce résultat, nous avançons le constat suivant : l'existence d'experts financiers ne présente pas un attribut de gouvernance efficace pour renseigner les créanciers de la fiabilité et la transparence des informations fournis si elle n'est pas accompagnée d'une sérieuse volonté des auditeurs indépendants pour divulguer les irrégularités détectées par les experts financiers et exiger les corrections nécessaires. La remise en cause de l'indépendance des auditeurs, par les créanciers, avant l'imposition de SOX neutralise l'effet des experts financiers comme un outil de contrôle efficace. Pareillement, les créanciers remettent en cause le contenu des réunions du comité d'audit si elles se limitent à protéger les intérêts des actionnaires contre l'opportunisme managérial et ne tournent pas envers les risques subis par les créanciers. Par ailleurs, la fréquence des réunions après la mise en place de la loi SOX renforce l'efficacité des indépendants dans l'exercice de leurs fonctions et reflète leur assiduité et leur responsabilité. Nous concluons que l'indépendance ressort comme un attribut indispensable pour mettre en valeur l'importance des experts financiers comme un moyen visant à encadrer les pratiques comptables opportunistes.

En somme, une législation de plus en plus contraignante pour la composition et le fonctionnement du comité d'audit est rassurante pour les créanciers.

Comme l'on pouvait s'y attendre, la propriété managériale affecte positivement et significativement le coût de la dette pour la période avant-SOX. Nous concluons ainsi que l'accroissement de la propriété managériale exacerbe le comportement opportuniste des dirigeants au détriment des créanciers et ce en entreprenant les projets les plus risquées et/ou extraire des bénéfices privées de contrôle provenant essentiellement du financement par dette. Les créanciers vont chercher à se protéger en ajustant le taux d'intérêt exigé en fonction du risque encouru et accroissent le coût de la dette.

Par ailleurs, nous remarquons que l'effet positif de la propriété managériale sur le coût de la dette persiste mais s'atténue après SOX. Nous argumentons alors que même si les nouvelles exigences imposées par la loi SOX ont conduit à plus de prudence

des activités des managers, les créanciers restent, cependant, vigilants contre une éventuelle entente entre les actionnaires et les dirigeants qui conduit à une expropriation de leur richesse.

Conformément à nos hypothèses de recherche, nos résultats mettent en évidence que la propriété institutionnelle est un mécanisme réducteur de risque pour les créanciers. En effet, ces derniers exigent une prime de risque moins élevé lorsque la propriété institutionnelle s'accroit pour la période pré-SOX. Ce résultat est maintenu et est plus accentué sur la période post-SOX. Les créanciers approuvent ainsi le rôle des investisseurs institutionnels comme étant des acteurs puissants et actifs qui contrôlent de près la gestion des entreprises ce qui permet d' aboutir à des états financiers plus fiables et pertinents.

Par ailleurs, les variables de contrôle niveau d'endettement, risque d'exploitation et niveau des dividendes sont significatives sur les deux sous périodes de l'étude. Dans les firmes les plus endettées, les créanciers surchargent le taux d'intérêt. Pareillement, une distribution excessive de dividende aggrave les conflits entre les actionnaires et les créanciers amenant ces derniers à exiger une prime de risque plus élevé. Une forte volatilité du résultat est mal perçue par les créanciers. Cependant, la taille de la firme n'a aucun effet significatif sur le coût de la dette. Ceci peut être dû à la spécificité de notre échantillon composé exclusivement de firmes de grandes tailles.

6 CONCLUSION

La plupart des études examinant la perception de la gouvernance sur le marché de la dette révèlent que la gouvernance de l'entreprise est une dimension importante pour la prise de décision par le créancier car une bonne gouvernance développera sa confiance dans l'organisation et limitera le risque de comportement opportuniste des dirigeants/actionnaires. Néanmoins, les différents scandales financiers surgis au début des années 2000 ont multiplié les soucis quant à l'efficacité des systèmes de gouvernance dans la protection des intérêts des partenaires de la firme. La réponse réglementaire était l'implantation de la loi SOX (2002). Un des défis de la loi SOX est d'apporter des changements dans la relation d'agence entre les managers et les autres parties prenantes en instaurant des principes de gouvernance rigoureux et fermes protégeant tous les partenaires de la firme Cet article tente de vérifier si les firmes pouvaient influencer la perception des créanciers et obtenir une baisse du coût d'endettement en améliorant le système de gouvernance après la promulgation de la loi SOX. Plus spécifiquement, nous menons une étude comparative sur deux périodes : pré-SOX (avant 2002) et post-SOX (après 2002) pour mettre en exergue s'il y a eu un changement dans la perception de la gouvernance du point de vue des créanciers après la restructuration des systèmes de gouvernance dictées par la loi SOX. Partant d'un échantillon de 486 firmes américaines sur une période de onze ans (19998-2008), nous avons abouti aux constats suivants :

- Une évolution des systèmes de gouvernance indiquant une grande implication des firmes américaines à satisfaire les exigences imposées par SOX. En optant pour des comparaisons de moyennes, sur les deux sous périodes pré-SOX (1998-2001) et post-SOX (2003- 2008), nous avons montré que les pourcentages des indépendants au sein du conseil d'administration et du comité d'audit ainsi que les pourcentages des experts financiers ont significativement augmenté pour la période post-SOX tandis que la structure duale de direction a significativement baissé. De même, nous apercevons une augmentation considérable dans l'existence de comités spécialisés et indépendants au sein du conseil d'administration et un accroissement de la propriété des investisseurs institutionnels pour la période post -SOX.
- Le coût de la dette a significativement baissé durant la période qui a suivi la promulgation de la loi SOX. Dès lors, les nouvelles dispositions pour la gestion, les directeurs, les auditeurs et les analystes ainsi que les pénalités sévères en cas de comportement frauduleux ont réussi à restaurer la confiance sur le marché de la dette en améliorant la qualité de l'information publiée et en réduisant les conflits d'intérêts.
- Le coût de la dette est tributaire des mécanismes de gouvernance sur les deux périodes pré-SOX et post -SOX. Cependant, des mutations significatives ont été constatées quant à la nature et l'ampleur de la relation coût de la dette/ mécanismes de gouvernance entre les deux sous périodes. Spécifiquement, nous avons montré qu'un large conseil d'administration n'est pas apprécié par les créanciers et entraine une hausse du coût de la dette avant l'instauration de la loi SOX. En revanche, cette association positive n'est plus significative après SOX. Apparemment, les exigences additionnelles imposées par la loi SOX sur la structure et le rôle du conseil d'administration ont constitué un moyen direct pour protéger les créanciers contre les décisions prises par le conseil indépendamment de sa taille. De plus, les nouvelles pressions exercées sur le conseil d'administration après SOX ont renforcé le rôle disciplinaire des indépendants du point de vue des créanciers. Ceci s'est traduit par un renforcement de l'association négative entre le coût de la dette et le pourcentage des administrateurs indépendants après –SOX par rapport à la période pré-SOX. Par ailleurs, nous avons trouvé que le cumul des fonctions du CEO et du président du conseil a un effet significativement positif sur les deux périodes de l'étude. Néanmoins, cette relation positive tend à s'atténuer après SOX. Ceci peut être la conséquence des responsabilités

additionnelles infligées au CEO et des pénalités dissuasives en cas de fraude qui sont de nature à limiter les pouvoirs décisionnels du CEO au détriment des intérêts des créanciers.

Toutefois, nos résultats révèlent que les créanciers restent insensibles à la présence de comités de nomination et de rémunération indépendants sur les deux sous périodes de l'étude. Ces résultats sont expliqué par le fait que ces attributs sont des leviers de gouvernance actionnariale et que les autres parties prenantes particulièrement les créanciers n'en tirent pas profit.

Encore plus, nous avons constaté que la taille du comité d'audit et son indépendance sont mal perçus par les créanciers avant la promulgation de SOX et affectent positivement le coût de la dette tandis que les créanciers n'accordent aucun intérêt à la présence d'experts financiers et le nombre de réunions pour la période pré-SOX. Cependant ces attributs sont désormais après SOX des leviers de d'actions efficaces pour les créanciers reflétant un audit de qualité et une plus grande prudence comptable. Nous concluons que les exigences rigoureuses imposées par la loi SOX sur le comité d'audit notamment sur sa composition, le contrôle de son activité et les responsabilités attribuées aux indépendants ont rétabli la confiance des créanciers sur l'efficacité de cet organe.

En ce qui concerne la structure de propriété, nous avons démontré que la propriété des investisseurs institutionnels est appréciée par les créanciers et affecte négativement le coût de la dette sur les deux sous périodes de l'étude tandis que les créanciers sanctionnent les firmes qui accroissent la propriété managériale à travers une hausse du coût de la dette. En revanche, le pouvoir disciplinaire des investisseurs institutionnels se renforce après SOX alors que l'opportunisme des managers propriétaires s'atténue.

Comme tout travail de recherche, notre étude s'est heurtée à quelques limites liées d'une part aux mesures adoptées pour certaines variables particulièrement la mesure du coût de la dette mesurée par le total des charges financières rapporté aux dettes financières. Un estimateur du coût de la dette basé sur des valeurs de marché s'avère plus approprié. D'autre part, notre analyse s'est basée sur un échantillon de firmes de grande taille. De ce fait, les conclusions tirées ne s'appliquent pas forcément aux petites et moyennes entreprises.

Nous notons enfin que certes la loi SOX a réussi à rétablir la confiance sur le marché financier et particulièrement le marché de la dette en imposant un ensemble d'exigences lourdes sur les sociétés, néanmoins tous les efforts de SOX pour contrôler le risque n'ont pas pu empêcher l'énorme bulle financière des dernières années. En effet, cette crise financière devrait pousser les pouvoirs publics à renforcer la législation et à instaurer de nouvelles règles de gouvernance pour remédier aux dysfonctionnements constatés et aider les créanciers à bien évaluer les risques encourus.

REFERENCES

[1] R. C. Anderson, S. A. Mansi and D. M. Reeb, "Board characteristics, accounting report integrity, and the cost of debt", *Journal of accounting and economics*, vol. 37, no. 3, pp. 315-342, 2004.

[2] H. Ashbaugh, D. W. Collins and R. LaFond, "The effects of corporate governance on firms' credit ratings", *Journal of accounting and economics*, vol. 42, no. 1, pp. 203-243, 2006.

[3] E. S. Bagnani, N. T. Milonas, A. Saunders and N. G. Travlos, "Managers, owners, and the pricing of risky debt: An empirical analysis", *The Journal of Finance*, vol. 49, no. 2, pp. 453-477, 1994.

[4] L. L. Bargeron, K. M. Lehn and C. J. Zutter, "Sarbanes-oxley and corporate risk-taking", *Journal of Accounting and Economics*, vol. 49, no. 1, pp. 34-52, 2010.

[5] E. Bartov and D. A. Cohen, "The "numbers game" in the pre-and post-sarbanes-oxley eras", *Journal of Accounting, Auditing & Finance*, vol. 24, no. 4, pp. 505-534, 2009.

[6] S. Bhojraj and P. Sengupta, "Effect of corporate governance on bond ratings and yields: The role of institutional investors and outside directors", *The Journal of Business*, vol. 76, no. 3, pp. 455-475, 2003.

[7] Blue Ribbon Committee, *Report and recommendations of the blue ribbon committee on improving the effectiveness of corporate audit committees,* New York Stock Exchange and National Association of Securities Dealers, 1999.

[8] M. Bradley and D. Chen, "Corporate governance and the cost of debt: Evidence from director limited liability and indemnification provisions", *Journal of Corporate Finance*, vol. 17, no. 1, pp. 83-107, 2011.

[9] M. Bradley and D. Chen, "Does board independence reduce the cost of debt?", *Financial Management*, vol. 44, no. 1, pp. 15-47, 2015.

[10] J. A. Brickley, J. L. Coles and G. Jarrell, "Leadership structure: Separating the ceo and chairman of the board", *Journal of corporate Finance*, vol. 3, no. 3, pp. 189-220, 1997.

[11] T. A. Burgman, "An empirical examination of multinational corporate capital structure", *Journal of international business studies*, vol. 27, no. 3, pp. 553-570, 1996.

[12] K. H. Chung and H. Zhang, "Corporate governance and institutional ownership", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, vol. 46, no. 1, pp. 247-273, 2011.
[13] H. DeAngelo and R. W. Masulis, "Optimal capital structure under corporate and personal taxation", *Journal of financial economics*, vol. 8, no. 1, pp. 3-29, 1980.
[14] L. E. DeAngelo, "Auditor size and audit quality", *Journal of accounting and economics*, vol. 3, no. 3, pp. 183-199, 1981.
[15] M. L. DeFond, K. Raghunandan and K. Subramanyam, "Do non–audit service fees impair auditor independence? Evidence from going concern audit opinions", *Journal of accounting research*, vol. 40, no. 4, pp. 1247-1274, 2002.
[16] I. Dimitrova, *Sarbanes-oxley and managerial ownership as alternative governance mechanisms: An evaluation using dual-class companies*, 2009.
[17] C. Djama, *Le risque de faillite modifie-t-il la politique comptable,* Cahier de recherche, 2003.
[18] M. Ertugrul and S. Hegde, "Board compensation practices and agency costs of debt", *Journal of Corporate Finance*, vol. 14, no. 5, pp. 512-531, 2008.
[19] B. Ertuna and A. Tükel, "Do foreign institutional investors reward transparency and disclosure: Evidence from istanbul stock exchange", *Journal of Emerging Market Finance*, vol. 12, no. 1, pp. 31-57, 2013.
[20] L. P. Fields, D. R. Fraser and A. Subrahmanyam, "Board quality and the cost of debt capital: The case of bank loans", *Journal of Banking & Finance*, vol. 36, no. 5, pp. 1536-1547, 2012.
[21] H. Ghouma, "How do regulation changes impact the bondholders' perception of auditor choice and managerial ownership? Evidence from the sarbanes-oxley act adoption", *International Management Review*, vol. 4, no. 2, pp. 30-36, 2008.
[22] M. C. Jensen, "The modern industrial revolution, exit, and the failure of internal control systems", *the Journal of Finance*, vol. 48, no. 3, pp. 831-880, 1993.
[23] J. M. Karpoff, P. H. Malatesta and R. A. Walkling, "Corporate governance and shareholder initiatives: Empirical evidence", *Journal of Financial Economics*, vol. 42, no. 3, pp. 365-395, 1996.
[24] P. Kennedy, *A guide to econometrics,* MIT press, 2003.
[25] M. A. Khaldi, "Impact des mécanismes de gouvernance sur l'appropriation de la valeur partenariale", *Finance Contrôle Stratégie*, vol. 19, no. 1, pp. 1-17, 2016.
[26] E. H. Kim, "A mean-variance theory of optimal capital structure and corporate debt capacity", *The Journal of Finance*, vol. 33, no. 1, pp. 45-63, 1978.
[27] A. Klein, "Audit committee, board of director characteristics, and earnings management", *Journal of accounting and economics*, vol. 33, no. 3, pp. 375-400, 2002.
[28] M. S. Klock, S. A. Mansi and W. F. Maxwell, "Does corporate governance matter to bondholders?", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, vol. 40, no. 4, pp. 693-719, 2005.
[29] R. S. Kroszner and P. E. Strahan, "Bankers on boards:: Monitoring, conflicts of interest, and lender liability", *Journal of Financial Economics*, vol. 62, no. 3, pp. 415-452, 2001.
[30] H. E. Leland, "Agency costs, risk management, and capital structure", *The Journal of Finance*, vol. 53, no. 4, pp. 1213-1243, 1998.
[31] J. S. Linck, J. M. Netter and T. Yang, "The determinants of board structure", *Journal of Financial Economics*, vol. 87, no. 2, pp. 308-328, 2008.
[32] C. Lorca, J. P. Sánchez-Ballesta and E. García-Meca, "Board effectiveness and cost of debt", *Journal of business ethics*, vol. 100, no. 4, pp. 613-631, 2011.
[33] S. A. Mansi, W. F. Maxwell and D. P. Miller, "Does auditor quality and tenure matter to investors? Evidence from the bond market", *Journal of Accounting Research*, vol. 42, no. 4, pp. 755-793, 2004.
[34] R. H. Myers, *Classical and modern regression with applications,* PWS-KENT, 1990.
[35] S. C. Myers, "Determinants of corporate borrowing", *Journal of financial economics*, vol. 5, no. 2, pp. 147-175, 1977.
[36] H. Ortiz-Molina, "Top management incentives and the pricing of corporate public debt", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, vol. 41, no. 2, pp. 317-340, 2006.
[37] S. Park, "Differential effect of the sarbanes-oxley act on individual and institutional investors", *Journal of Applied Business Research*, vol. 32, no. 2, pp. 517-526, 2016.
[38] C. Piot and F. Missonier-Piera, *Corporate governance, audit quality and the cost of debt financing of french listed companies,* 28ème Congrès de l'Association Francophone de Comptabilité, Poitiers, 2007.
[39] M. E. Porter, "Capital disadvantage: America's failing capital investment system", *Harvard business review*, vol. 70, no. 5, pp. 65-82, 1991.
[40] P. Sengupta, "Corporate disclosure quality and the cost of debt", *Accounting Review*, vol. 73, no. 4, pp. 459-475, 1998.
[41] A. Shuto and N. Kitagawa, "The effect of managerial ownership on the cost of debt: Evidence from japan", *Journal of Accounting, Auditing & Finance*, vol. 26, no. 3, pp. 590-620, 2011.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1750-1760
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Pronostic d'accouchement chez les gestantes porteuses d'utérus cicatriciels dans la ville de Butembo en République Démocratique du Congo

[Prognosis of labour among pregnant women with scarred uteri in Butembo, Democratic Republic of the Congo]

Philémon MUMBERE MATUMO[1], Joël KAMBALE KETHA[2], Aimé LUKWAMIRE VAHAMWITI[3], and Jean-Jeannot JUAKALI SIHALIKYOLO VUYIAMBITE[4]

[1]Département de Gynécologie et Obstétrique, Université Catholique du Graben, Butembo, RD Congo

[2]Faculté de médecine, Université Catholique du Graben, Butembo, RD Congo

[3]Départemént de chirurgie, Université Catholique du Graben, Butembo, RD Congo

[4]Département de Gynécologie et Obstétrique, Université de Kisangani, Kisangani, RD Congo

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

ABSTRACT: *Introduction:* The occurrence of pregnancy on a scar uterus is characterized by its high incidence, multiple complications, high rate of morbidity and maternal-fetal mortality. The aim of this work was to evaluate the maternal prognosis during delivery on scar uterus in a poorly equipped environment.
Methodology: This is a retrospective and descriptive study with exhaustive sampling carried out in 2 years. Our study's population was constituted by all pregnant women with previous caesarean section scarring uterus who gave birth in the obstetric department of Matanda Hospital in Butembo City.
Results: Scarred uterus deliveries accounted for 20% of all deliveries; 26.8% of parturient had a antecedence of vaginal delivery; 39.6% of parturient had severe pelvic narrowing as an indication of anterior caesarean section; and 49.3% had uterus once scarred, 26.9% uterus twice scarred and 14.7% uterus thrice scarred. 72.8% of parturient had an inter-reproductive interval between 13 and 24 months; 98.1% had term pregnancies. Thirteen percent of parturient had a uterine test, among which 41.2% had given birth vaginally; 8.8% of cases of pre uterine rupture and 5.9% of cases had acute fetal distress. No maternal mortality were recorded. Early neonatal mortality was 1.5% of cases and half of the cause of death was acute fetal distress followed by respiratory distress and neonatal infections.
Conclusion: The birth on scar uterus is common. The decision of the delivery modality to be proposed should take into account factors concerning the obstetrical antecedents, the data of the current pregnancy, but also the choice of the parturient after being informed of the risks and benefits of each delivery pathway. We propose here the application of the MOMAT score for the prediction of the failure of the uterine test.

KEYWORDS: Scarred uterus, labour, uterine test, maternal-fetal prognosis, Butembo.

RESUME: *Introduction:* La survenue d'une grossesse sur un utérus cicatriciel se caractérise par son incidence élevée, ses complications multiples, son taux important de morbidité et de mortalité materno-fœtale. L'objectif de ce travail était d'évaluer le pronostique maternofoetal lors de l'accouchement sur utérus cicatriciel dans un milieu peu équipé.
Materiel et Méthodes: Il s'agit d'une étude transversale à visée analytique avec échantillonnage exhaustif et recueil rétrospectif des données. La population d'étude est constituée de toutes les gestantes avec utérus cicatriciel pour césariennes antérieures qui ont accouché dans le service d'obstétrique de l'hôpital Matanda en ville de Butembo durant une période de 2 ans.

Résultats: Les accouchements sur utérus cicatriciels ont représenté 20% de l'ensemble des accouchements; 26,8% des parturientes avaient un antécédent d'accouchement par voie basse ; 39,6% des parturientes avaient un rétrécissement pelvien sévère comme indication de la césarienne antérieure ; et 49,3% avaient un utérus uni-cicatriciel, 26,9% un utérus bi-cicatriciel et 14,7% un utérus tri-cicatriciel. 72,8% des parturientes avaient un intervalle inter génésique compris entre 13-24 mois ; 98,1% avaient des grossesses à terme. 13% des parturientes avaient fait l'objet d'une épreuve utérine parmi lesquels 41,2% avaient accouché par voie basse ; 8,8% de cas de pré-rupture utérine et 5,9% de cas de souffrance fœtale aiguë. La mortalité maternelle était nulle. La mortalité néonatale précoce était dans 1,5% de cas et la cause de leur décès était liée dans la moitié de cas à une souffrance fœtale aiguë, suivie de détresse respiratoire et infections néonatales.
Conclusion: L'accouchement sur utérus cicatriciel est fréquent. La décision de la modalité d'accouchement à proposer devrait prendre en compte des facteurs concernant les antécédents obstétricaux, les données de la grossesse actuelle, mais aussi le choix de la parturiente après qu'elle ait été informée des risques et des bénéfices de chaque voie d'accouchement. Nous proposons ici l'application du score de MOMAT pour la prédiction de l'échec de l'Epreuve utérine.

MOTS-CLEFS: Utérus cicatriciels, Accouchement, Epreuve uterine, Pronostic maternofoetal, Ville de Butembo.

1 INTRODUCTION

La Maternité sans risque est le défi majeur de toute action visant à améliorer la Santé maternelle et infantile qui constitue l'une des priorités d'aujourd'hui [1]. Les deux dernières décennies ont coïncidé avec une augmentation rapide des taux de césariennes dans la plupart des pays, y compris ceux en développement ; alors que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) déclare que dans une population définie, la proportion de césarienne ne devrait pas représenter moins de 5% ni plus de 15% de toutes les naissances attendues[2,3].

Actuellement, près de 10% des femmes qui viennent accoucher sont porteuses d'un utérus cicatriciel [3]. En cours de grossesse, les complications restent exceptionnelles et sont représentées par les anomalies de l'implantation placentaire (placenta prævia, accreta, percreta), la grossesse sur cicatrice, la déhiscence de la cicatrice utérine et la rupture utérine [3].

Aux Etats Unis, l'incidence des utérus cicatriciels s'élève entre 12 et 14% [4]. En France, le taux de césarienne était de 20,8% en 2010 contre 15,5% en 1995. Parallèlement, la prévalence de l'utérus cicatriciel a augmenté de 8 à 11% des parturientes, et de 14 à 19% des multipares, entre 1995 et 2010 [5]. En Afrique et plus particulièrement au Mali, cette incidence en croissance serait surtout en rapport avec le mariage précoce chez les adolescentes (bassin immature), la gratuite de la césarienne depuis 2005 alors que dans les pays à fort développement économique, elle est liée à la césarienne prophylactique itérative [6]. En République Démocratique du Congo cette incidence est de 5,85% [7].

Cinquante pourcent (50%) de césariennes sont réalisées chez les primipares qui représentent 40 à 50% de la population obstétricale, de telle sorte qu'après son premier accouchement plus d'une femme sur 15 est porteuse d'une cicatrice utérine ; ce qui pose de problème de pronostic d'accouchement pour ses grossesses ultérieures [8]. Pour l'accouchement, dans le cadre général de la grossesse unique avec un fœtus en présentation céphalique et de poids moyen, le choix s'oriente vers l'épreuve utérine, qui permet de réduire la morbidité maternelle, sans augmenter les risques fœtaux. Son taux de réussite atteint 75 à 80% avec un risque de rupture utérine inférieure à 1% [3,8]. Depuis l'aphorisme de CRAGNIN, datant de 1916, initialement destiné aux césariennes corporéales et prônant « césarienne une fois, césarienne toujours» est certes en cause depuis longtemps, mais la césarienne itérative de principe pour utérus cicatriciel reste encore fréquente, surtout aux Etats-Unis [9,10]. Pour d'autres comme RACINET, la règle d'une césarienne itérative systématique est dépassée sauf si l'indication de la première césarienne est resté permanente [11].

La grossesse et l'accouchement des gestantes porteuses d'un utérus cicatriciel grand pourvoyeur des ruptures utérines, sont donc considérés à haut risque, surtout dans les pays en voie de développement, où la tocographie et le monitoring fœtal existent peu, où les radiopelvimétries font défaut et où les indications des précédentes césariennes, le type d'incision, les suites opératoires sont les plus souvent inconnus [12]. L'évolution de l'obstétrique a permis d'aboutir à une conduite actuellement beaucoup nuancée, l'accouchement par les voies naturelles après une césarienne : *l'épreuve utérine*, qui peut être proposée sans toutefois aggraver le pronostic materno-fœtal [6]. Cette conduite de l'accouchement sur utérus cicatriciel expose au risque de rupture utérine avec ses conséquences fœtales (souffrance fœtale, mort), maternelles (hémorragie, hystérectomie entrainant la stérilité) et l'échec. Et grâce à une sélection correcte des gestantes pendant les consultations prénatales et à une surveillance rigoureuse de l'épreuve utérine, la tenue du Parthogramme, le taux de rupture de l'utérus varie entre 0 et 1% sans

retentissement fœtal [13]. La préoccupation majeure des obstétriciens reste la qualité de la cicatrice utérine sur quoi repose le pronostic de la grossesse et de l'accouchement [6].

Devant cette situation, les obstétriciens essayent d'établir des scores qui permettent d'identifier les gestantes à haut risque de césarienne de deuxième intention afin de faciliter la prise en charge globale. Notre travail consiste, tout d'abord, à mener une étude générale concernant l'accouchement sur utérus cicatriciel, puis déterminer les facteurs pronostiques et enfin proposer une conduite à tenir pratique devant une grossesse sur utérus cicatriciel dans le but d'améliorer le pronostic materno-foetal dans un milieu peu équipé comme en ville de Butembo.

2 MATERIEL ET METHODES

Il s'agit d'une étude transversale à visée analytique menée en service de Gynécologie et Obstétrique de l'Hôpital Matanda en veille de Butembo, dans la province du Nord-Kivu, en République Démocratique du Congo. Le choix de cet hôpital a été motivé par le fait que cette structure de référence (Centre Hospitalo-Universitaire) réalise de nos jours près de deux milles (2000) accouchements par an.

La population d'étude est constituée de toutes les gestantes avec utérus cicatriciels pour césariennes antérieures qui ont accouché dans le service d'obstétrique de l'hôpital Matanda. La durée de l'enquête est de deux ans soit de Janvier 2016 à Décembre 2017. Etait incluse dans cette étude toute gestante avec antécédent de césarienne. Néanmoins, n'ont pas été incluses dans cette étude, toutes les gestantes avec Cicatrices utérines de myomectomies, rupture utérine ainsi que celles qui ont accouchées à domicile et les cas de mort fœtale in utero. La collecte des données était exhaustive, prenant tous les cas de la période d'étude.

Le recueil des données a été rétrospectif. Ces données ont été récoltées à l'aide d'une fiche d'enquête préétablie résumant le protocole d'étude et recueillies à partir des registres d'accouchement, compte-rendu opératoires, des fiches d'hospitalisation, des partogrammes et des fiches de référence. La variable indépendante est l'antécédent de césarienne. Les variables dépendantes suivantes ont été recherchées : modalité d'admission, âge maternel, la Gestité, l'intervalle inter génésique, le suivi de la consultation prénatale, nombre de césariennes antérieures, hémorragie de la délivrance, indication de la césarienne antérieure, présentation du fœtus, terme de la grossesse, voie d'accouchement, état du nouveau-né et état de la femme après accouchement. La surveillance intrapartale était essentiellement clinique utilisant notamment le foetoscope de Pinard pour le suivi des bruits du cœur fœtal (BCF) et l'appréciation manuelle du régime contractile utérin. L'état du nouveau-né à la naissance a été apprécié par la mesure du score d'Apgar. Au total 783 gestantes ont été admises durant la période d'étude dont 681 ont directement bénéficié d'une césarienne élective. Etait considéré comme échec de l'épreuve utérine, toute issue de la parturition sur utérus cicatriciel qui s'est soldé par une morbi-mortalité maternelle et périnatale et/ou tout échec de terminaison de l'accouchement par voie basse

Ces données ont été saisies et analysées sur le logiciel Epi info version 3.3.4 et SPSS 20. Les résultats ont été présentés sous forme de proportion pour les variables qualitatives avec leurs intervalles de confiance à 95%. Les données étaient collectées de manière anonyme. L'étude n'a pas présenté de bénéfice direct pour les participants à l'étude.

3 RESULTATS

3.1 PREVALENCE DE L'ACCOUCHEMENT SUR UTERUS CICATRICIELS

783 cas d'accouchements sur utérus cicatriciels ont été colligés sur un total de 3909 accouchements enregistrés, soit une prévalence de 20,03%. Parmi ces cas, 210 cas soit 26,8% des parturientes avaient déjà accouché au moins une fois par voie basse ; 33 cas soit 4,2% des parturientes avaient un antécédent de grossesses gémellaires dont 24 cas soit 72,7% des cas ont accouché par voie haute et 27,3% (9 cas) par voie basse. Quatre parturientes étaient porteuses du Virus de l'immunodéficience humaine(VIH) soit 0,5%. La quasi-totalité de ces grossesses étaient arrivée en terme soit 98,1% pour le terme de 37 semaines et plus et 2,6 % des grossesses avaient fait la rupture prématurée des membranes. Seuls 102 gestantes soit 13,03% ont été soumises à l'Epreuve uterine.

3.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DES PARTURIENTES

Les tableaux ci-dessous répartissent les parturientes en fonction de leurs tranches d'âge, le mode d'admission à l'hôpital, la gestité, le nombre des césariennes antérieures et l'indication des césariennes antérieures.

Tableau 1. Caractéristiques générales des parturientes

Caractéristiques des parturientes	Effectif (n=783)	%
Tranches d'âge en année		
Inférieur à 20	33	4,2
20-25	292	37,3
26-30	226	28,9
31-35	169	21,6
36-40	50	6,4
Supérieur à 41	13	1,6
Mode d'admission à l'hôpital		
Ayant attendu l'accouchement à l'Hôpital	559	71,4
Venue du domicile	164	20,9
Référées	60	7,7
Gestité		
Paucigeste (2-3)	450	57,5
Multigeste (4-6)	282	36
Grande multigeste (≥7)	51	6,5
Nombre de césariennes antérieures		
Une	386	49,3
Deux	211	26,9
Trois	115	14,7
Quatre	53	6,8
Cinq	18	2,3

Tableau 2. Indications des césariennes antérieures

Indication de la césarienne antérieure	Effectif (n=783)	%
Basin rétrécie	309	39,6
Dystocie dynamique	81	10,3
Disproportion Foeto Pelvienne	75	9,6
Souffrance Fœtale de causes diverses	51	6,9
Présentations vicieuses	78	10
Grossesse gémellaire	21	2,7
Placenta prævia	18	2,3
Menace de rupture utérine	12	1,5
Pré éclampsie	9	1,1
DPPNI*	6	0,9
Cause générales	3	0,4
Procidence du cordon	2	0,2
Causes non retrouvées	116	14,8

**DPPNI= Décollement prématuré du placenta normalement inséré*

3.3 RÉPARTITION DES PARTURIENTES EN FONCTION DES CARACTÉRISTIQUES DE LA GROSSESSE ACTUELLE

Le tableau ci-dessous repartit les parturientes en fonction de leur intervalle inter génésique et la présentation du fœtus.

Tableau 3. Caractéristiques de la grossesse actuelle.

Caractéristiques de la grossesse actuelle	Effectif (n=783)	%
Intervalle inter génésique		
≤12 mois	165	21,1
13-24 mois	570	72,8
≥24 mois	48	6,1
Présentation du fœtus		
Céphalique	753	96,2
Siège	18	2,3
Transverse	12	1,5

3.4 MODALITÉ D'ACCOUCHEMENT ET ISSUE NÉONATALE

102 cas soit 13,1% ont été soumises à l'épreuve utérine et, parmi elles il y a eu 42 cas soit 41,2% de succès de l'épreuve et 60 cas soit 58,2% d'échec de l'épreuve utérine qui ont abouti à la césarienne.

Tableau 4. Répartition des parturientes en fonction de la modalité d'accouchement et de l'issue néonatale.

Modalité d'accouchement et issue néonatale	Effectif	%
Epreuve utérine		
Accouchement par voie basse	42	41,2
Travail stationnaire	36	35,3
Césarienne après pré rupture	9	8,8
Echec de l'épreuve utérine		
Souffrance Fœtale	6	5,9
Placenta Prævia	6	5,9
Hypercinésie	3	2,9
Indications des césariennes prophylactiques		
Bassin Rétrécie	309	45,4
Intervalle Inter génésique Court	177	26
Disproportion Foeto Pelvienne	60	8,8
Présentations vicieuses	59	8,6
Souffrance fœtale chronique	32	4,7
Placenta Prævia	15	2,2
Pré-rupture	11	1,6
Grossesse gémellaire	9	1,3
Pré-éclampsie	6	0,9
Hématome retro-placentaire	3	0,4
Causes de décès néonatal		
Souffrance fœtale aiguë	6	50
Détresse respiratoire	3	25
Infections néonatales	3	25

3.5 CORRÉLATION ENTRE L'INDICATION DE LA CÉSARIENNE ANTÉRIEURE ET L'INDICATION DE LA CÉSARIENNE ACTUELLE

Le tableau ci-dessous présente la corrélation entre l'indication de la césarienne antérieure et l'indication de la césarienne actuelle chez les parturientes.

Tableau 5. Relation entre l'indication de la césarienne antérieure et l'indication actuelle.

Indications	C/S Antérieures	C/S Actuelles	%	OR	Lim <	Lim >
Bassin rétréci	309	309	100	-	-	-
IIC court	199	177	89	1,28	0,75	2,18
Disproportion foetopelvienne	75	60	80	0,56	0,29	1,08
SFA*	51	32	63	0,22	0,11	0,42
Présentation siège	46	39	85	0,82	0,34	2,08
Présentation transverse	32	20	63	0,23	0,10	0,51
Grossesses Gémellaire	24	9	38	0,08	0,03	0,20
Placenta prævia	18	15	83	0,74	0,20	3,29
Pré-rupture	12	11	92	1,66	0,22	34,72
Pré-éclampsie	9	6	67	0,29	0,06	1,51
Hématome Retro placentaire.	6	3	50	0,15	0,02	0,92
Total	783	681	87			

IC 95%

**SFA= Souffrance fœtale aigue*

4 DISCUSSION

Il ressort de cette étude que la prévalence de l'utérus cicatriciels est de 20%. Boisselier [17] et Saint HILAIRE [18] avaient trouvé en France 5,3% ; ROSEMBERG en France [19] 6,6% ; A. LOKOSSOU et coll avaient trouvé 5,4% [11] ; CISSE CT au Sénégal [9] 1,5% ; VAN ROOSMALEN au Tanzanie [20] 1,8% ; TSHILOMBO au Congo [8] 5,85% ; VAN Der Walt en Afrique du Sud [3] et Ouattara A. au Mali [1] 3,7%. Diadhou MT au Sénégal [9] avait trouvé 7,5% ; Flamm BL aux Etats-Unis [3] 9,2%.

Ce taux élevé dans cette étude s'explique par le fait que la maternité de l'hôpital Matanda prend en charge des accouchements à risque, en plus, c'est une structure de référence dans la ville de Butembo.

La tranche d'âge la plus concernée était celle comprise entre 20 et 35 ans avec une fréquence de 87,3% qui était presque identique au chiffre trouvé par Ouattara A [1] dans son étude où la tranche la plus touchée était celle comprise entre 21 et 35 ans avec une fréquence de 77,1%.

Le taux d'accouchement par voie basse avant la première césarienne était bas, soit 26,8%. Dans les études comportant des effectifs plus importants, le pourcentage des accouchements par voie basse reste toutefois supérieur à 50%. La différence est significative entre les pourcentages des parturientes qui n'avaient jamais accouché par la voie basse, soit 73,2% et celle qui avait déjà accouché par cette voie, soit 26,8% pour lesquelles une épreuve utérine devrait être tentée. Tshilombo [8] avait enregistré au cours de son étude 82,5% d'eutocie chez les parturientes avec antécédent d'au moins une eutocie avant la première césarienne. Nos résultats diffèrent de celui de Tshilombo d'autant plus que nombreuse de nos parturientes avaient accouché par césarienne dû au bassin rétréci au cours de leurs césariennes antérieures.

La littérature montre que chez les femmes, l'antécédent d'eutocie est l'un des meilleurs éléments de pronostic pour la voie base lors d'un accouchement ultérieur à la césarienne ; et que le pronostic est d'autant plus favorable que l'eutocie a été postérieure à la césarienne. Ces affirmations sont soutenues par de nombreux travaux antérieurement publiés par Chasson. J. et ses collaborateurs [8].

Dans ce travail, les 33 parturientes avec antécédents de grossesses gémellaires (4,2% de nos parturientes), 24 d'entre elles avaient accouché par césarienne, soit 72,7% et 27,3% par voie basse. Tshilombo [8] avait trouvé sur 7 parturientes avec grossesses gémellaires, cinq avaient accouché par césarienne. Dans de nombreuses études, la grossesse gémellaire constitue une contre-indication à la voie basse en cas d'utérus cicatriciels. Cette contre-indication provient de la surdistension utérine et l'augmentation théorique de risque de rupture utérine [3]. Ces affirmations corroborent avec les résultats de notre étude.

Parmi ces parturientes, 49,3% étaient porteurs d'utérus uni-cicatriciel ; 32,7% d'utérus bi-cicatriciels, 14,3% d'utérus tri-cicatriciels, 6,8% d'utérus quatre fois cicatriciels et 2,3% d'utérus cinq fois cicatriciels. Les résultats de Ouattara A [1] étaient 79,1% d'utérus uni-cicatriciel, 17,7% d'utérus bi-cicatriciels et 3,2% d'utérus tri-cicatriciels ; Cisse CT [9] 81,3% d'utérus uni-cicatriciels ; 12,7% [21] d'utérus bi-cicatriciels et 6% d'utérus tri-cicatriciels ; A. Hamet [21] 79,5% d'utérus uni-cicatriciels ; 17,3% d'utérus bi-cicatriciels et 3,1% d'utérus tri-cicatriciels ; BA.A. [1] 79,6% d'utérus uni-cicatriciels ; 17,2% d'utérus bi-cicatriciels et 2,5% d'utérus tri-cicatriciels. Les théories actuelles stipulent que les utérus bi-cicatriciels ne sont plus une indication de la césarienne itérative, et si les conditions sont favorables, l'épreuve utérine doit être proposée [6].

En rapport avec les indications, 39,6% des césariennes antérieures étaient indiquées pour bassins rétrécis, 25,5% pour intervalle inter génésique court. Les autres césariennes antérieures avaient comme indication disproportion foetopelvienne 9,6%, souffrance fœtale aiguë 6,5% ; présentation siège 5,9%, transverse 4,1%; grossesses gémellaires 3,1%, placenta praevia 2,3%, pré-rupture utérine 1,5% ; pré-éclampsie 1,1%, hématome retro-placentaire 0,9%.

L'indication de la césarienne antérieure joue probablement un rôle en tant que facteur pronostique [3]. Jacques Lansac affirme que dans 15 à 20% de cas, la première césarienne a été souvent faite pour un rétrécissement pelvien sévère qui oblige à faire une deuxième césarienne [6]. J. Bujold E. et coll [3] et Weinstein D. et coll [3] stipulent que l'antécédent de césarienne antérieure pour dystocie est moins favorable que l'antécédent de siège, et pendant longtemps, une césarienne itérative a été proposée lorsque la cause de la première césarienne était une dystocie, en raison du risque d'échec de l'épreuve utérine. Mais si le taux de succès est légèrement abaissé dans ce dernier cas, il reste compris entre 65 et 75% selon les études [3].

Par rapport à la grossesse actuelle, 72,8% avaient un intervalle inter génésique compris entre 13 et 24 mois, 21,1% entre 6 et 12 mois. Il semblerait qu'une cicatrice récente soit plus fragile. Pour Cisse, une cicatrice datant de moins d'un an est une indication de césarienne prophylactique et pour Esposito, un intervalle de 6 mois entre deux grossesses est significativement associée à une augmentation du nombre de rupture utérine [3]. L'étude de Shipp [3] retrouve une fragilité trois fois plus importante lorsque l'intervalle inter génésique entre deux accouchements est inférieur à 18 mois. Pour cette étude, la plupart des parturientes avaient un intervalle inter génésique compris entre 13 et 24 mois.

Parmi les parturientes 98,1% avaient des grossesses dont l'âge théorique était compris entre 37 et 42 semaines d'aménorrhée, 1,5% entre 30 et 36 semaines d'aménorrhée et 0,4% avaient l'âge théorique inférieur à 30 semaines d'aménorrhée. Jacques Lansac et coll. demandent à ce que les accouchements sur utérus cicatriciels puissent se déroulé pour une grossesse ayant 37SA révolues car à ce temps le segment inférieur est formé [6]. Et il semble qu'une cicatrice récente est plus fragile pour supporter les contractions utérines [3].

Parmi les parturientes 81,1% avaient réalisé au moins 3 séances de consultations prénatales (CPN), 9,6% deux séances, 6,1% quatre séances et 1,9% une séance de consultation prénatale, et 1,3% avaient réalisé plus de quatre séances. Ouattara [1] rapporte que 9,8% des parturientes avaient fait un nombre de CPN supérieur à quatre séances. Cependant ces CPN permettent une bonne sélection de ces parturientes pour leurs modes d'accouchement.

Nous avons enregistré 11,9% des parturientes qui avaient contracté une maladie au cours de l'évolution de la grossesse dont 4,5% de menace d'accouchement prématuré, 2,8% d'infections uro-génitales, 2,6% de rupture prématuré des membranes, 1,1% d'hypertension sur grossesse, 0,5% d'anémie sur grossesse et 0,4% de diabète sur grossesse. Ces pathologies peuvent compromettre l'issue de la grossesse ainsi que le pronostic materno-fœtale.

De nos parturientes 96,2% portaient des fœtus dont leurs rythmes cardiaques fœtaux étaient compris entre 120 et 160 battements par minute et 2,3% inférieur à 120 battements par minute, et 1,5% supérieur à 160 battements par minute. L'altération du rythme cardiaque fœtal entraine une souffrance fœtale aiguë [13].

Parmi les parturientes 96,2% portaient des fœtus avec présentation céphalique, 2,3% de siège, 1,1% transverse et 0,4% avec présentation vicieuse. La présentation type de sommet oriente vers la tentative de voie basse, tandis que le siège est une situation à risques, essentiellement par le biais des manœuvres que l'on peut être amené à réaliser [3]. Qu'il s'agisse de présentations céphaliques défléchies (front diagnostiquée en cours de travail, face), de présentations pelviennes ou des présentations obliques et transverses, les constatations d'une telle présentation est une indication de la césarienne prophylactique [16].

Le choix du mode d'accouchement était discuté entre la tentative d'une épreuve utérine et une césarienne prophylactique et/ou itérative. L'objectif est de proposer aux parturientes l'essai de la voie basse à celles qui ont le maximum de chance d'accoucher par les voies naturelles. Cette conduite d'accouchement sur utérus cicatriciels expose au risque de rupture utérine avec ses conséquences materno-fœtales possibles ; d'où la nécessité d'une sélection correcte des gestantes pendant les CPN incluant : un antécédent d'accouchement par voie basse avant ou après la première césarienne [23], l'indication de la première césarienne, l'engagement de la présentation en fin de grossesse, une grossesse unique avec présentation céphalique et un poids moyen [6].

Ainsi, la fréquence de l'épreuve utérine dans notre étude était de 13%. Le taux d'épreuve utérine de S. Baeta [1] était de 58,9%. Pour Millier, les épreuves doivent pouvoir être proposées à 75 voire 80% des parturientes, ce qui contribuerait à réduire efficacement le taux de césarienne [22]. Les taux les autres auteurs à l'occurrence Benzined [23] 47,6% ; Cissé CT [9] 54,5% ; et Mac Mahon [3] 52,9%.

41,2% des parturientes soumises à l'épreuve utérine avaient accouché par voie basse contre 58,8% qui avaient accouché par césarienne en urgence. Notre taux de succès d'épreuve utérine était bas. Le taux de succès était pour Tshilombo [8] de 37,6%. Ce taux d'accouchement eutocique chez les femmes antérieurement césarisées varie dans la littérature entre 37,6 et 93% ; Benzineb [23] 82% ; Cisse [9] 85%. Quoi que surprenant, le taux élevé (93,4%) de Meehan et coll démontre que pour autant qu'on le tente, la voie basse n'est pas exceptionnelle chez les parturientes antérieurement césarisées [8]. Ce taux faible de notre étude serait lié au manque d'équipements adéquats pour surveillance du travail d'accouchement (Cardiotocographe, monitoring, échographe en salle de travail,…) et le taux bas d'antécédent d'accouchement par la voie basse, soit 26,8%. Considérant les conditions de travail en RDC, Felix KITENGE et Al. [24] retiennent deux types de facteurs explicatifs de l'échec de l'épreuve utérine. Il s'agit d'un facteur sociodémographique (âge maternel) et de trois facteurs obstétricaux (hauteur utérine, présentation du fœtus et rupture prématurée des membranes). Le score de MOMAT a été défini pour prédire l'échec de l'épreuve utérine. La construction de ce score s'est basée sur quatre éléments : l'âge maternel, l'état de la poche des eaux à l'admission, la hauteur utérine et la présentation fœtale. Le score minimal est de 4 et le score maximal de 16. Le seuil point est de 7. Un score total supérieur ou égal à 7 traduit un risque d'échec de l'épreuve utérine [24] (voir annexe).

Parmi les césariennes après échec de l'épreuve utérine, 35,3% étaient liées à la dystocie dynamique, 8,8% à la pré-rupture, 5,9% à la souffrance fœtale aiguë, 5,9% au placenta prævia et 2,9% à l'hypercinésie. La présence de placenta prævia pourrait ainsi être expliquée par l'augmentation du taux des césariennes.

Le taux de césariennes prophylactiques et /ou itératives était de 87% soit 681 sur 783 cas d'utérus cicatriciels. Le taux des césariennes prophylactiques dans l'étude de Ouattara A [1] était de 10,7% ; Tshilombo [8] à Kinshasa en RDC en 1995 de 36,6% ; Cisse CT [9] au Sénégal en 1997 de 45,5% ; BA.A [1] au Mali en 2000 de 42,5% et Boudacar Yoro Sidibe au Mali en 2010 de 21,7%[1]. Ce taux élevé des césariennes prophylactiques itératives s'explique pour notre étude par le fait que bon nombre d'indications des césariennes antérieures étaient liées aux bassins généralement rétrécis, soit 39,6% d'indications de leur première césarienne. 681 parturientes (soit 87%) avaient bénéficié d'une césarienne prophylactique et/ou itérative. Les principales indications étaient : un bassin rétréci (45,4%), un intervalle inter génésique court (26%), disproportion foeto-pelvienne (8,8%), siège (5,7%), souffrance fœtale aiguë (4,7%), Présentation transverse (2,9%), placenta praevia (2,2%), pré-rupture (1,6%), grossesses gémellaires (1,3%), pré-éclampsie (0,9%) et hématome retro placentaire (0,4%).

L'indication de la césarienne antérieure joue probablement un rôle en tant que facteur pronostic. C'est ainsi qu'au cours de notre étude, il se montre qu'une parturiente ayant été opérée pour bassin rétréci a toujours le risque d'être opérée pour cette même indication car le bassin rétréci reste une indication permanente pour la césarienne et, de ce fait, il n'y a pas des différence entre l'indication de la césarienne actuelle et l'indication de la césarienne antérieure lié au bassin rétréci. Ce résultat corrobore avec la théorie de Jacques Lansac qui stipule que dans 15 à 20% des cas, la première césarienne a été faite pour un rétrécissement pelvien, oblige à refaire une seconde césarienne pour la même indication [6].

Une parturiente opérée pour un intervalle inter génésique court (I.I.G.C) a 1,28 fois le risque d'être opérée pour la même indication. Ce rapport est significatif pour la seule raison que l'intervalle de confiance à 95% (0,75 à 2,18) ne contient pas 1 ; mais avec une probabilité minime d'être opérée à la prochaine grossesse pour la même indication d'autant plus que, si la femme respecte la notion d'intervalle inter génésique avant la conception de la prochaine grossesse, cette indication ne reviendra pas. Il est à noter qu'il existe une fragilité des cicatrices récentes, avec un risque de rupture trois fois plus importantes et retrouvé lorsque l'intervalle entre le deux accouchement est inférieur à 18 mois [3].

Une parturiente opérée pour une pré-rupture a 1,63 fois le risque d'être réopérée et ce rapport est significatif pour la seule raison que l'intervalle de confiance à 95% (0,22 à 34,7) contient 1 ; mais avec une probabilité minime d'être opérée à la prochaine fois si la femme était informée des risques et conséquence liés à l'accouchement sur utérus cicatriciels [6].

Les parturientes subissant des césariennes pour les autres indications (par exemple une souffrance fœtale aiguë, la présentation transverse, une disproportion foeto-pelvienne,…) semblent être protégées pour être opérées pour les mêmes indications pour les grossesses ultérieures pour la seule raison que les Odds Ratio sont inférieur à 1, donc une association négative.

Actuellement, les utérus bi-cicatriciels ne sont plus une indication absolue de la césarienne itérative [6]. Ainsi, dans notre étude, il n'est pas une contré-indication absolue à l'épreuve utérine, mais l'épreuve utérine était réservée aux parturientes avec utérus bi-cicatriciels particulièrement motivées par un accouchement par voie basse et ayant des conditions favorables pour cette pratique obstétricale. En fin, il n'existe pas actuellement d'attitude consensuelle vis-à-vis des utérus multicicatriciels, le choix du mode d'accouchement étant seulement réservé à la césarienne itérative [3].

Par ailleurs, nous n'avons eu à déplorer de cas de décès maternel quel que soit le mode d'accouchement. Ce résultat est identique à celui trouvé dans l'étude de D.Berger et Coll [16] où aucun décès maternel n'avait été enregistré. Ceci s'explique

par la bonne sélection des candidates pour l'épreuve utérine, la surveillance armée des parturientes au cours de cette pratique, le diagnostic à temps de l'indication de la césarienne quel que soit le déficit d'appareillage ainsi que la mise en place d'une prise en charge adéquate. Néanmoins, nous avions enregistré 12 décès néonatals précoces soit 1,5%. 50% de ces décès étaient liés à la souffrance fœtale aiguë et 25% liés à la détresse respiratoire. De nos nouveau-nés, 98,5% étaient vivants contre 93,4% dans l'étude de Ouattara A. [1]. Ceci s'explique par la présence de certaines complications du genre souffrance fœtale aiguë pendant la tentative de l'épreuve utérine ou par la référence tardive des parturientes après des heures de souffrance fœtale. Les autres causes de décès enregistrés étaient des infections néonatales à une proportion de 25%.

Les littératures stipulent que certaines pathologies spécifiques sont significativement augmentées et seraient à l'origine de la morbi-mortalité néonatale. Il s'agit, en cas de césarienne prophylactique, de détresses respiratoires et, en cas d'épreuve utérine, des complications infectieuses, pouvant compromettre le pronostic des nouveau-nés [3].

5 CONCLUSION

L'accouchement sur utérus cicatriciel est fréquent et le sera de plus en plus de cause de l'augmentation inéluctable des indications de la césarienne. Sa fréquence est de l'ordre de 20%.

La décision de la modalité d'accouchement à proposer à une parturiente devrait prendre à compte des multiples facteurs concernant les antécédents obstétricaux, les données de la grossesse actuelle mais aussi le choix de la parturiente après qu'elle soit informée des risques et bénéfice de chaque voie d'accouchement. L'utilisation d'un score prédictif après une meilleure sélection des patientes à soumettre à l'épreuve utérine tel que le score de MOMAT pourra améliorer la qualité dans les indications de la voie haute. Ceci pourra également contribuer à la réduction de la morbi-mortalité foeto-maternelle liée à la gestion de l'accouchement sur utérus cicatriciels.

CONFLIT D'INTERET

Aucun conflit d'intérêt n'a été déclaré.

REFERENCES

[1] BOUBACAR YORO SIDIBE. Accouchement sur utérus cicatriciel à l'hôpital FOUSSEYNI DAOU DE KAYES (à propos de 214 cas) : Thèse, université de Bamako ; 2010, P. 1-85. Consultable sur URL : http//www.keneya.net

[2] Collège National de Gynécologues et obstétriciens Français : Recommandations pour la pratique clinique, 5ème partie, 36ème journée Nationale, Paris, 2012. URL : htt//WWW. Ch.asso. fr/D-TELE/RPc-Utérus cicatriciel-2012.

[3] CASSIGNOL. G., RUDIGOZ. RD, Grossesse et utérus cicatriciel. Encyl. Méd, éd. Scientifique et Médicales Elsevier SAS, Paris, Gynéco- obstétrique, 5-016-D-20, 2003 :1-14.

[4] G.LEWIS, L. DE BERNIS. Fistules obstétricales : principes directeurs pour la prise en charge clinique et le développement des programmes. Genève : OMS ; 2009, P. 87, consultable sur URL : Whql idoc. Int.

[5] C. DENEUX-THARAUX. Uterus cicatriciel : aspects epidemiologiques. J Gynecol Obstet biol Reprod, vol 41, issue 8, Décembre 2012 : 697-707.

[6] SALIF DIARRA. Accouchement sur utérus cicatriciel au centre de santé de Référence de la commune I du district de Bamako, université de Bamako, 2009, P. 15-7. Consultable sur URL : http//www.Gyneco-Ledigabel.fr/utérus cicatriciel.html.

[7] TSHILOMBO K.M., MPUTUL., NGUMA L., WOLOMBY M., TOZIN R., YANGA K., Accouchement chez les gestantes Zaïroises antérieurement césarisées, analyse de 145 cas J. Gynécol obstetr et Biologie de la Reproduction 1991 : 568-74.

[8] JACQUES LANSAC., BERGER., MAGNIN.G., Pratique de l'accouchement, 4ème édition. Masson, Paris,2006.

[9] CISSE CT., EWAGNIGNON E., TEROLBE I., DIADHOU F., Accouchement sur utérus cicatriciel au Dakar .J. Gynecol Biol. Reprod. 1999 : 1167-75

[10] CRAGNIN E., conservation. NY. Med. J1916; CV: 1-5.

[11] A. LOKOSSOU, J. DE SOUZA, S. ADISSO, I. TAKPARA, M.O.ADOGNIGO, E. ALIHONOU, Accouchement dans les utérus cicatriciels et risques obstétricaux. Médecine d'Afrique Noire, 2008, Tome 55. N° 5 : 277-83.

[12] D. LUTON, O.SIBONY, M.LECAT ; Gynécologie obstétrique, Nouveau programme, paris, Ellipses, 2003 : 376-401.

[13] MERGER. R., J. LEVY., J. MELCHIOR, Précis d'obstétrique, 6ème éd.- Paris : Manson, 2008 : 404-7.

[14] PERROYN F., MARRET H., FIGNON A., BODY G., LANSA J., utérus cicatriciel : la révision utérine systématique de la cicatrice de césarienne après accouchement par voie vaginal est-elle toujours utile ? J. Gynecol obstétr Biol Reproduction 1999. URL : www.Cuimes. fr

[15] E.CAMUS, Gynecologie-obstétrique, 4ème ed.-Paris : Mansion, 2006 : 2015-18.

[16] D. BERGER, H.RICHARD, J.Y.GRALL, J. LEVEQUE, J.R. GL RAUD, J.C. PALARIC, P. POULAIN, utérus cicatriciels. Résultats et sélection des patientes à l'accouchement par voie basse. A propos de 884 dossiers. Journal de Gynéco-obstétrique et biologie de la reproduction, 1991, vol. 20 ; n° 1 : 116-22.

[17] BOISSELIER P, MAGHIORACOS, MARPEAU L., Evolution dans les indications de césariennes. J. Gynécol obstétrique. biol. Reprod, 1987 ; 15 : 101-09.

[18] Saint HILAIRE P, GAUCHERAND, BAGOU G, RUDIGOZ RC., Grossesse et utérus cicatriciel. Encycl. Méd. Chir. Paris, Gynéco-obstétrique, 5-030-A-20, 1992 : 1-16.

[19] ROZENBERG P., GOFFINET F, PHILLPE HJ, NISAND L, Mesure échographique de l'épaisseur du segment inférieur pour évaluer le risque de rupture. J. Gynécol Obstétrique. Biologie de la Reproduction, 1997; 347 : 281-84.

[20] VAN ROOSMALEN J. Vagnal bith after Cesarean Selection in rural Tanzania. Int J. Gynecol, 1991; 37: 375-86.

[21] A. HAMET TIDJANI, A. GALLAIS, M.GARBA, L'accouchement sur utérus cicatriciel au Niger. A propos de 509 cas. Méd d'Afrique Noire : février 2001, tome 48, n°2 : p 217-228.

[22] MILLIER G, FOREST AM, KACEM R, MEMET J. Utérus cicatriciel : conduit à tenir. Rev. Fr. Gynéco-obstetr., 1986 ; 81 : 2223-228.

[23] BENZINEB N, BELLASFAR B, BOUGUERA B, AMRI MT, SFAR R., Accouchement sur voie basse après césarienne. A propos de 173 épreuves utérines. Rév. Fr. Gynécol Obstetr., 1998 ; 15 : 160-69.

[24] KITENGE F, AKILIMALI P, CHENGE M, NUMBI L, TSHIBANGU K ET All. Accouchements sur utérus cicatriciel en République Démocratique du Congo: épreuve utérine et facteurs déterminants de l'issue. Pan Afr Med J. 2017 ;27 :71.

ANNEXE : CRITÈRES D'ÉTABLISSEMENT DU SCORE DE PRÉDICTION DE L'ÉPREUVE UTÉRINE EN CAS D'ACCOUCHEMENT SUR UTÉRUS CICATRICIEL

Critères d'établissement du Score MOMAT	Score
Age	
< 20 ans	3
20-34 ans	1
>34 ans	1
Présentation	
Céphalique non dystocique	1
Autre	6
Poche des eaux	
Rompue	4
Intacte	1
Hauteur utérine	
< 30 cm	1
≥ 30 cm	3

Un score total supérieur ou égal à 7 traduit un risque d'échec de l'épreuve utérine.

Source : KITENGE Felix et All. Accouchements sur utérus cicatriciel en République Démocratique du Congo: épreuve utérine et facteurs déterminants de l'issue. Pan Afr Med J. 2017 ; 27 :71.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1761-1772
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Diversité structurale d'une aire protégée urbaine : Cas du Parc National du Banco (Côte d'Ivoire)

[Structural diversity of an urban protected area : Case of National Park of Banco (Côte d'Ivoire)]

SANGNE Yao Charles, KOUAKOU Kouassi Apollinaire, BAMBA Issouf, KPANGUI Kouassi Bruno, and BARIMA Yao Sadaiou Sabas

Université JEAN LOROUGNON GUEDE, UFR Environnement, Groupe de Recherche interdisciplinaire en Ecologie du Paysage et en Environnement (GRIEPE), BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: Situated at the "heart" of Abidjan, the National Park of Banco (NPB), is the rare relics of moist dense rainforests, coveted everywhere. Therefore, the present study suggests estimating the structure of the vegetation of this protected area in consideration of the demographic pressure and the urbanization.
To achieve, the National Parc of Banco has been subdivided into four (4) sectors (North, West, Central and East). Linear transects of 500 m long and 10 m wide were installed in the sectors. Along these transects, all woody species with dbh ≥ 10 cm were inventoried in the sectors. Depending on the dbh measurement, individuals were grouped into different diameter classes. The floristic inventory revealed a total of 146 woody species divided into 111 genera and belonging to 21 families. The Meliaceae family is the most abundant species. The density of the trees of the park was estimated at 257 individuals/ha with an average of 19.31 to 31.45 individuals/ha about the sector. Concerning the basal area of the PNB, it was estimated at 40.59 m²/ha. Furthermore, this study revealed the most abundant of individuals with a dbh belonging to the lower classes of diameter on those of the superior classes, with a preponderance of microphanerophytes and mesophanerophytes. Although the PNB is coveted everywhere, the results of this study reveal that it still has a relatively well-preserved structural diversity.

KEYWORDS: Structural diversity, Diameter class, Basal area, Banco National Park, Côte d'Ivoire.

RESUME: Au cœur de la ville d'Abidjan, le Parc National du Banco (PNB), une des rares reliques des forêts denses humides ombrophiles, est objet de convoitise de toute part. Ainsi, la présente étude se propose d'évaluer la structure de la végétation de cette aire protégée eu égard à la pression démographique et à l'urbanisation. Dès lors, la surface du PNB a été subdivisée en quatre (4) secteurs (Nord, Ouest, Centre et Est). Dans chaque secteur, des transects linéaires de 500 m de longueur sur 10 m de largeur ont été installés. Le long de ces transects, toutes les espèces ligneuses de dbh ≥ 10 cm ont été inventoriées dans chacun des secteurs. Parallèlement, selon la mesure du dbh, les individus ont été regroupés dans différentes classes de diamètre. L'inventaire floristique a révélé au total 146 espèces ligneuses réparties en 111 genres et appartenant à 21 familles. La famille des Meliaceae est la plus abondante en espèces. La densité en arbres du parc a été évaluée à 257 individus/ha avec une moyenne de 19,31 à 31,45 individus/ha dans chaque secteur. Quant à l'aire basale du PNB, elle a été estimée à 40,59 m²/ha. Par ailleurs, cette étude a mis en évidence une dominance des individus ayant un dbh appartenant aux classes inférieures sur ceux des classes supérieures avec une prépondérance des microphanérophytes et mésophanérophytes. Certes, le PNB est objet de convoitise de toute part, cependant les résultats de la présente étude attestent qu'il comporte encore une diversité structurale relativement bien conservée.

MOTS-CLEFS: Diversité structurale, Classe de diamètre, Aire basale, Parc National du Banco, Côte d'Ivoire.

Corresponding Author: SANGNE Yao Charles

1 INTRODUCTION

Le monde actuel fait face à de nombreux défis : pollution, réchauffement climatique, croissance démographique, extinction de la faune et de la flore, déforestation, etc. Les grandes agglomérations, notamment les villes sont les plus exposées aux effets de la dégradation de l'environnement. Elles concentrent en effet de fortes populations urbaines avec une densité très élevée, du fait des activités économiques et industrielles. En conséquence, ces agglomérations modernes sont sujettes à toutes sortes de pollution notamment aux rejets des gaz des engins motorisés et des usines, au déversement des effluents des usines dans la nature sans traitement préalable, et autres nuisances sonores. A ces conditions déjà déplorables pour la vie, s'ajoutent le développement des habitats, bidonvilles et autres quartiers précaires consommateurs d'espace [1]. Les villes des pays en développement seront les plus affectées par cette dégradation des conditions environnementales du fait de la croissance galopante de leurs populations. En effet, selon [2], la population urbaine a dépassé la population rurale en 2007. On estime à 61% la population citadine mondiale en 2030, dont 93% de cette croissance démographique sera supportée par les villes des pays en développement. Ces prévisions laissent en aucun doute supposer que la croissance de la population citadine mondiale se fera principalement dans les villes des pays en développement.

Dès lors, plus que des vestiges, les aires protégées notamment les aires protégées urbaines apparaissent comme de véritables soupapes pour atténuer les effets de la dégradation de l'environnement et ses répercussions sur les phénomènes naturels (inondations, sécheresse, changement climatique, etc.), garantir la disponibilité de l'eau dont elles assurent la purification, et améliorer la qualité de la vie des populations par leurs services écosystémiques naturels.

Cependant, ces dernières sont mises en mal, souvent, soit par certains décideurs qui foulent au pied les textes régissant ces espaces protégés, soit par certaines industries (rejet de déchets industriels ou effluents), soit encore par les populations riveraines qui y posent des actes de vandalisme de tout genre (rejet d'ordures ménagères, empiètement sur les limites pour construction d'habitats précaires, coupe de bois de chauffe, abattage d'arbres pour ses fruits, etc.). Le parc national du Banco situé « en plein cœur » d'Abidjan (Côte d'Ivoire) n'échappe pas à cette situation [3]. En effet, l'urbanisation rapide du district d'Abidjan et le développement des activités informelles (garages, petits champs de vivriers, boutique de vente de pièces de véhicules, etc.) auraient provoqué une dégradation du massif forestier du PNB [4].

L'objectif de cette étude est d'évaluer la structure de la végétation du Parc National du Banco (Côte d'Ivoire), eu égard à l'urbanisation en vue d'une meilleure gestion et conservation de ce patrimoine de biodiversité.

De manière précise, il s'agira de : (1) évaluer la diversité de la flore ligneuse du PNB, (2) évaluer la structure de la végétation du PNB.

2 MÉTHODE D'ÉTUDE

2.1 SITE D'ÉTUDE

Le Parc National du Banco (PNB) a été créé par décret le 31 octobre 1953 avec une superficie de 3474 hectares. Il est situé au Nord-Ouest, en « plein cœur » de la ville d'Abidjan entre 5°21' et 5°25' de latitude Nord et 4°01' et 4°05' de longitude Ouest. La végétation du PNB est constituée essentiellement d'une forêt dense humide sempervirente [5]. Le relief est dominé par un ensemble de bas plateaux, d'une altitude comprise entre 50 et 100 m, traversé par des vallonnements successifs à pentes très marquées, orientés du Nord vers le Sud [3]. Le réseau hydrographique est essentiellement composé de la rivière Banco [3]. En outre, le parc est soumis à une forte pression anthropique à la périphérie du fait des activités illégales telles que le braconnage, la récolte de produits forestiers non-ligneux, les habitats précaires, la mise en place de garages aux alentours, etc.

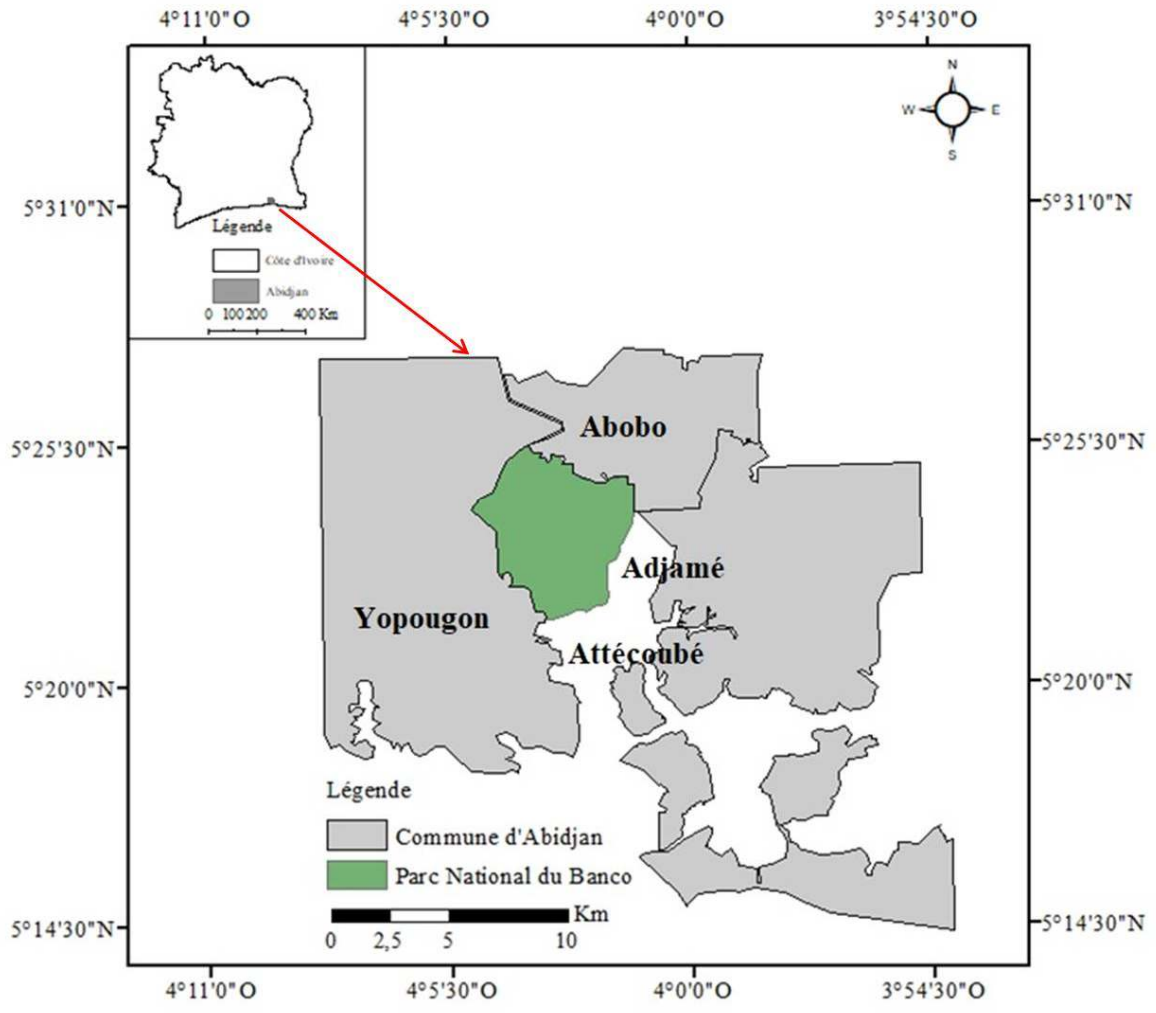


Figure 1 : Carte de situation de la zone d'étude
Figure 1 : Location map of the study area

2.2 ECHANTILLONNAGE ET COLLECTE DES DONNÉES

L'inventaire de la flore ligneuse du PNB a été effectué suivant la méthode de transects linéaires (Figure 2). Le choix de ces transects pour l'inventaire et l'étude de la végétation a été effectué sur la base d'une carte de végétation obtenue suite à la classification des images satellitaires de type SPOT datant de 2013 et de travaux antérieurs notamment [6], [7]. Ces travaux ont évoqué des secteurs du PNB qui ont subi des perturbations sous l'action de certaines activités des populations [6], [7]. De ce fait, le PNB a été subdivisé en quatre(4) secteurs (Nord, Ouest, Est et Centre) dans lesquels des transects ont été posés (Figure 2). Ainsi, quatre (4) transects ont été posés dans le secteur Nord, trois (3) transects dans les secteurs Ouest et Est, et cinq (5) transects dans le secteur Centre. Chaque transect avait 500 m de longueur à laquelle a été associée une bande de 5 m de largeur de part et d'autre de la ligne principale du transect soit 10 m de largeur. La superficie totale de chaque transect échantillonné était de 5000 m^2 soit 10 m x 500 m. Au total, 15 transects d'une superficie totale de 7,5 ha ont été disposé sur la surface totale du Parc.

De façon pratique, il s'agit de noter sur chaque transect, les circonférence et hauteur de tous les arbres de diamètre à hauteur de poitrine supérieur ou égal à 10 cm à l'aide d'un ruban mètre. Pour les grands arbres de très gros diamètre, ces valeurs ont été estimées. Les mesures ont été prises à 30 cm au-dessus des contreforts pour les espèces comportant des contreforts.

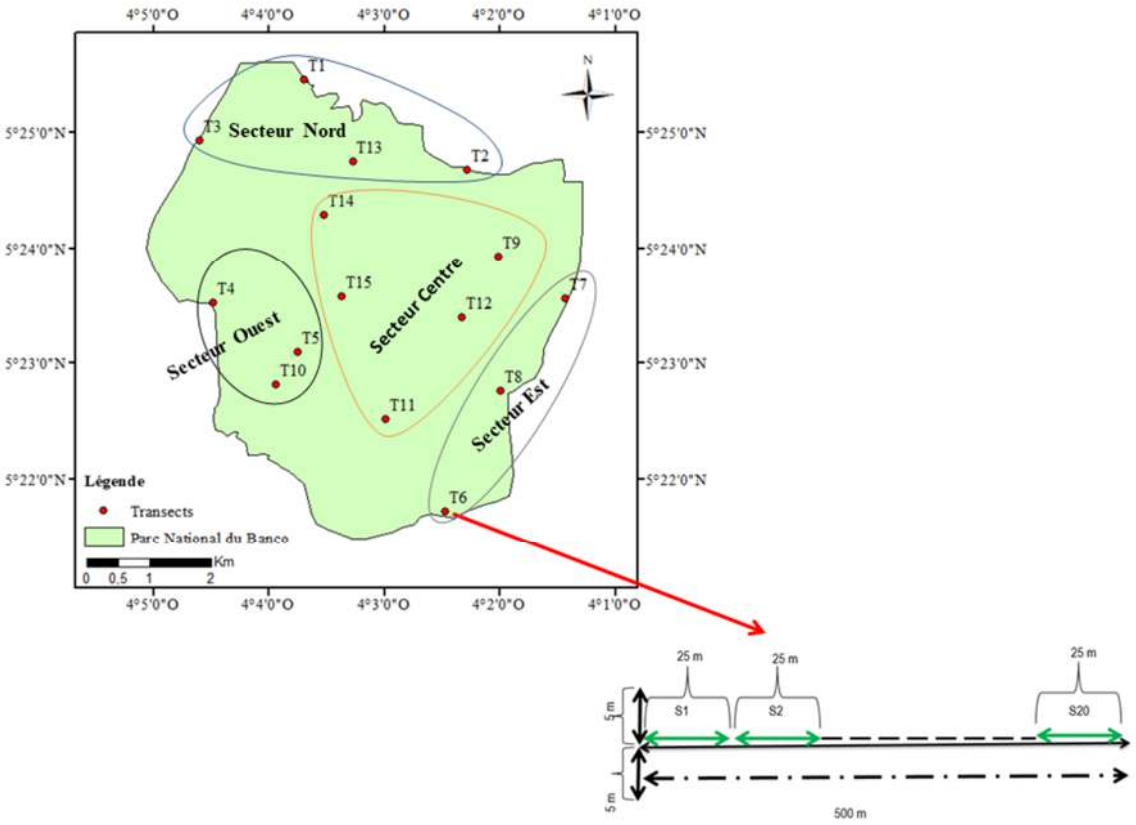


Figure 2 : Disposition des transects dans le Parc National du Banco et schéma d'un transect sur le terrain
Figure 2 : Arrangement of transects in the Banco National Park and diagram of a transect in the field

2.3 ANALYSE DES DONNÉES

L'analyse floristique a permis de dresser la liste des espèces ligneuses recensées dans le PNB et dans chaque secteur (Nord, Est, Centre et Ouest) étudié. La nomenclature de [8] a été utilisée dans cette étude.

Le calcul de l'indice de diversité (H') de [9] a été utilisé pour quantifier et comparer la diversité floristique des différents secteurs du PNB. Cet indice tient compte de l'abondance relative des espèces et de la richesse spécifique des milieux échantillonnés. Il est obtenu par la formule :

$$H' = -\sum_{i=1}^{s}(\frac{n_i}{N})ln\frac{n_i}{N}$$

L'indice H' varie en fonction du nombre d'espèces présentes et de l'abondance relative des différentes espèces. Plus l'indice H' est élevé, plus la diversité est grande. Cependant, une valeur de H' même élevée ne peut être interprétée en matière de perturbation d'un milieu que si elle est accompagnée de l'indice d'équitabilité (E) de Piélou [10]. Ce dernier se calcule selon l'équation :

$$E = \frac{H'}{lnS}$$

Avec E= l'indice d'équitabilité et S = nombre total des espèces de l'habitat considéré.

E varie de 0 à 1. Lorsqu'il tend vers 0, il décrit un phénomène de dominance d'une espèce sur les autres et lorsque la répartition des individus entre les espèces est régulière, il tend vers 1.

Outre la richesse et la diversité floristique, la ressemblance de la flore ligneuse entre les différents secteurs a été évaluée à l'aide du coefficient de similarité de [11] dont l'expression mathématique est :

$$Cs = 100 \times \frac{2C}{a+b}$$

avec Cs = Coefficient de similitude, a = nombre d'espèces du secteur A, b = nombre d'espèces du secteur B et c = nombre d'espèces communes aux deux secteurs A et B. Plus le coefficient (Cs) se rapproche de 100%, les deux secteurs considérés appartiennent à la même communauté végétale.

Afin d'apprécier l'état de la formation végétale dans chacun des secteurs du PNB, la distribution de tiges sur les transects dans chaque secteur a été estimée. Les valeurs de circonférences prises sur le terrain ont été d'abord converties en diamètre suivant la formule :

$$d = \frac{C}{\pi}$$ avec (π= 3,14 ; c = Circonférence et d = diamètre)

Les individus des peuplements ont été répartis en 14 classes de diamètre : [0 – 10 cm], [10 – 20 cm], [20 – 30 cm], [30 – 40 cm], [40 – 50 cm], [50 – 60 cm], [60 – 70 cm], [70 – 80 cm], [80 – 90 cm], [90 – 100 cm], [110 – 120 cm], [120 – 130 cm], [140 – 150 cm].

La surface terrière des arbres a été calculée pour l'ensemble et dans chaque secteur du PNB suivant la formule :

$$A = \frac{C^2}{4\pi}$$

avec A = Aire basale, exprimé en m²/ha et C = Circonférence et π =3,14.

La densité de tiges (D) a été déterminée en faisant le rapport du nombre de tiges (N) dans les transects considérés sur la surface totale des transects (S) en hectares.

$$D = \frac{N}{S}$$

La hauteur (H) des arbres dans chaque secteur a été estimée dans le but de comparer les strates des différents secteurs définis. Les données ont été regroupées en cinq (5) classes de hauteur (m) à savoir H≤4m, 4≤H≤8m, 8≤H≤16m, et ≥32 [12].

2.4 TRAITEMENTS DES DONNÉES

Le traitement des données a été effectué avec le logiciel XLSTAT pour les tests statistiques, afin d'évaluer la diversité structurale des peuplements ligneux par secteur. Ainsi, les moyennes des différents paramètres étudiés ont été comparées d'un secteur à un autre. La normalité des données a été vérifiée à priori à l'aide du test de Shapiro wilk.. Les données ne suivant pas de loi normale ont été soumises au test de Kruskas-walis

3 RÉSULTATS

3.1 DIVERSITÉ FLORISTIQUE DES ESPÈCES LIGNEUSES

3.1.1 RICHESSE SPÉCIFIQUE DES ARBRES

Les inventaires floristiques issus des différents transects ont permis d'obtenir 146 espèces végétales ligneuses reparties en 36 familles et 111 genres. Les familles les plus représentées (Figure 3) sont les Meliaceae (13%), les Caesalpiniaceae (12%), les Euphorbiaceae (6%), les Moraceae (6%) et les Annonaceae (6%). Les autres familles représentent au total 57%.

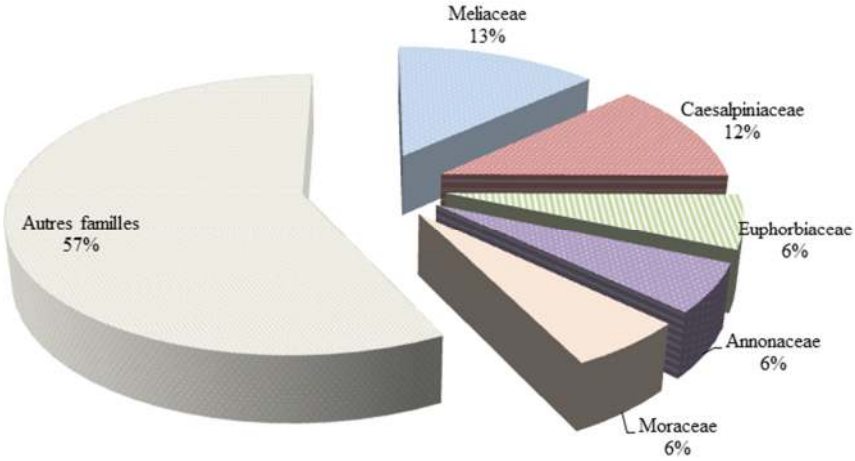


Figure 3 : Spectre de familles des espèces ligneuses les plus dominantes dans le PNB
Figure 3 : Family Spectrum of the Most Dominant Woody Species in PNB

3.1.2 DIVERSITÉ SPÉCIFIQUE PAR SECTEUR

Le secteur le plus riche en espèces végétales ligneuses est le secteur Centre (95 espèces) suivi du secteur Est avec 80 espèces (Tableau 1). Les valeurs de l'indice de Shannon les plus élevées ont été enregistrées dans le secteur Nord (3,82) et dans le secteur Est (3,65). La plus faible valeur a été obtenue dans le secteur Ouest (3,43).

Les valeurs d'équitabilté calculées (Tableau 1) pour tous les secteurs sont comprises entre 0,79 (secteur Centre) et 0,89 (secteur Nord), tendant ainsi vers 1 et avec la plus grande valeur obtenue dans le secteur Nord (0,89).

L'analyse statistique des différents indices de diversité indique qu'il n'existe pas de différences significatives (p>0,001) au niveau des différents paramètres étudiés par secteur (Tableau 1).

Tableau 1 : Valeurs des indices de diversité obtenue par secteur
Table 1 : Sørensen similarity coefficients (%) calculated between different sectors

	Secteur				Test statistique
	Centre	Est	Nord	Ouest	
Nombre d'espèces	95	80	70	65	
Indice de Shannon	3,61[a]	3,65[a]	3,82[a]	3,43[a]	*p = 0,77 ; k=1,13*
Indice d'Equitabilité	0,79[a]	0,83[a]	0,89[a]	0,82[a]	*p=0,08 ; k=6,73*

K : test de Kruskas walis

3.2 RESSEMBLANCE FLORISTIQUE ENTRE LES DIFFÉRENTS SECTEURS ÉCHANTILLONNÉS

Le coefficient de similitude calculé pour tous les couples de secteurs est supérieur à 50% (Tableau 2). Ces valeurs indiquent donc que les flores des différents secteurs sont similaires. Cependant, les secteurs les plus proches floristiquement sont les secteurs Centre et Ouest avec un coefficient de similitude de 66%.

Tableau 2 : Coefficients de similitude de Sørensen (%) calculés entre les différents secteurs
Table 2 : Sørensen similarity coefficients (%) calculated between different sectors

	Centre	Est	Nord	Ouest
Centre	1			
Est	56	1		
Nord	57	53	1	
Ouest	66	55	53	1

3.3 STRUCTURE DÉMOGRAPHIQUE DES PEUPLEMENTS LIGNEUX

3.3.1 DISTRIBUTION DES TIGES PAR CLASSES DE DIAMÈTRE

La répartition des individus d'arbres en classes de diamètre dans le PNB, présente une distribution dont l'allure s'apparente à une courbe en forme de « L » ou « J inversé» (Figure 4). Cette distribution traduit la prédominance des individus de petit diamètre compris entre [10 – 20 cm[et [20 – 30 cm[avec respectivement 48% et 23% de l'ensemble des tiges inventoriées. Cette allure est la même quel que soit le secteur considéré (Figure 5). Cependant, l'analyse statistique révèle une différence significative pour le diamètre moyen entre les secteurs Est et Nord ; par contre il n'existe pas de différence significative en ce qui concerne les secteurs Centre et Ouest (p = 0,00 ; k = 3,74).

3.3.2 AIRE BASALE ET DENSITÉ DES TIGES

Au total, 1931 individus ont été recensés au sein du PNB sur 7,5 ha échantillonnés, soit 257 individus/ha. Dans chaque secteur, la densité moyenne varie de 19,31 à 31,45 individus/ha. Le secteur Ouest a la densité moyenne la plus élevée (28,39 individus/ha) suivi des secteurs Est et Nord avec respectivement 31,45 et 20,39 individus/ha (Tableau 3). Cependant, l'analyse statistique révèle une différence significative pour la densité moyenne entre les secteurs Centre et Nord par contre il n'existe pas de différence significative entre les secteurs Est et Ouest (p=0,03 ; k=7,81).

L'aire basale de l'ensemble des arbres recensés dans le Parc est de 40,59 m²/ha. Le graphe d'évolution de l'aire basale en fonction des classes de diamètre indique que les classes de diamètres [30 – 40 cm[et [90 – 100 cm[cumulent l'essentiel de la surface terrière totale (Figure 4). Lorsqu'on considère chaque secteur, la classe de diamètre comprise entre [90 - 100 cm[cumule l'essentiel de l'aire basale dans les secteur Ouest, Centre et Est, sauf pour le secteur Nord (Figure 5). L'aire basale moyenne dans chaque secteur, varie entre 2,4 à 5,02 m²/ha (Tableau 3II). La plus grande valeur est obtenue au Nord suivi du secteur Ouest. Cependant, l'analyse statistique révèle qu'il n'existe pas de différence significative (p = 0,29 ; k = 3,73) entre les différents secteurs au niveau des aires basales moyennes.

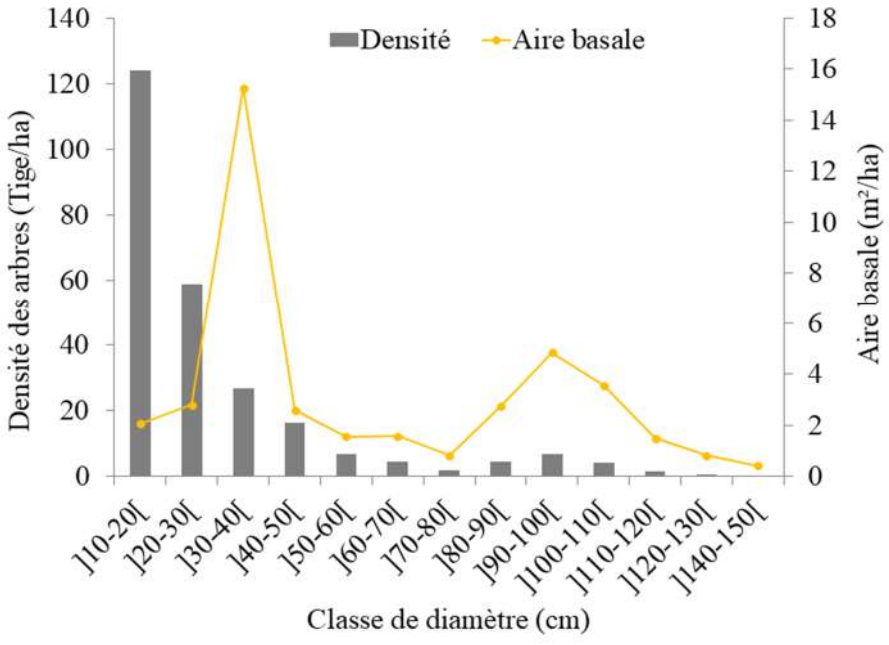


Figure 4 : Variations de la densité et de l'aire basale en fonction des classes de diamètre du PNB
Figure 4 : Variations in density and basal area according to PNB diameter classes

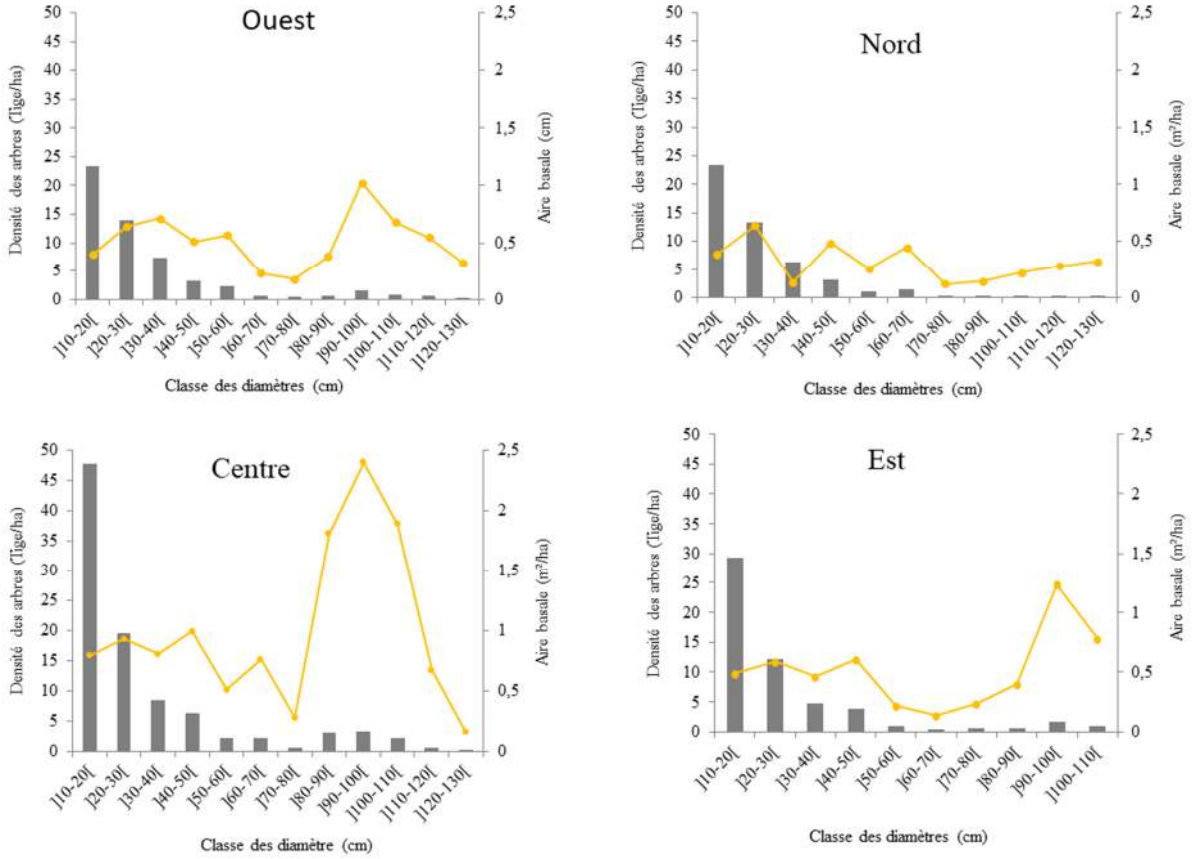


Figure 5 : Variations de la densité et de l'aire basale en fonction des classes de diamètre dans les différents secteurs du PNB
Figure 5: Variations in density and basal area according to diameter classes in different sectors of PNB

Tableau 3 : Comparaisons des paramètres moyens structuraux dans les différents secteurs du PNB
Table 3 : Structural average parameters in the different sectors of PNB

	Secteur				Test statistique
	Centre	Est	Nord	Ouest	
Densité des arbres (tige/ha)	339,2[a]	246,67[a]	186,67[a]	288,67[a]	p=0,07 ; k=3,73
Aire basale (m²/ha)	14,23[a]	4,86[a]	15,39[a]	6,12[a]	p=0,29 ; k=3,73

K : test de Kruskas walis

3.3.3 DISTRIBUTION DES TIGES PAR CLASSE DE HAUTEUR

La distribution des tiges par classes de hauteur dans l'ensemble du PNB (Figure 6) a donné en proportion 38,79% pour les ligneux dont la taille est comprise entre 4 et 8m ; 35,27% pour les ligneux de taille comprise entre 8 et 16m et 24,70% pour ceux dont la taille est comprise entre 16 à 32 m. On note que les ligneux de taille inférieure ou égale à 4m et ceux dont la taille est supérieure ou égale à 32m sont en très faible proportion dans l'ensemble du Parc. Lorsqu'on considère chaque secteur, les classes de hauteur les plus prépondérantes (Figure 7) sont les classes comprises entre 4 à 8m et 8 à 16m. Les ligneux de taille inférieure à 4m et ceux de taille supérieure ou égale à 32m sont peu nombreux aussi bien dans chaque secteur que dans l'ensemble du PNB. Le secteur Ouest est le secteur dont la hauteur moyenne des arbres est la plus élevée avec 30m. Le test statistique a révélé qu'il existe une différence significative entre la hauteur des arbres des secteurs Centre et Ouest (Tableau 3).

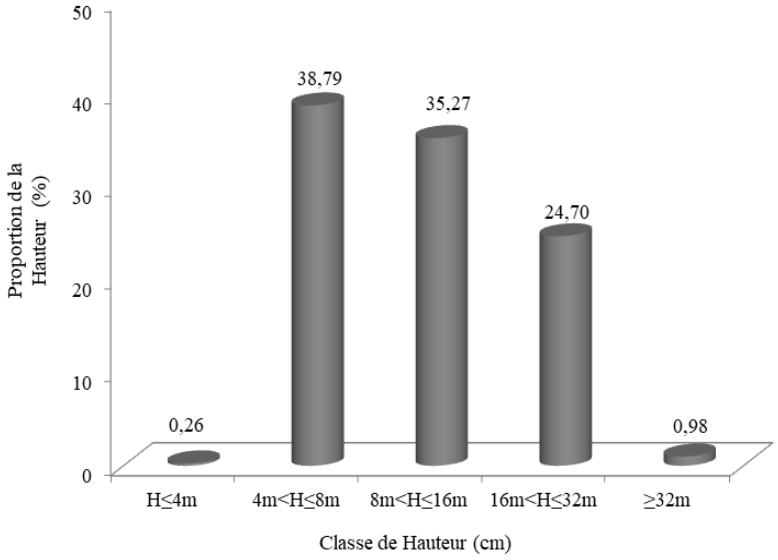


Figure 6 : Graphe mettant en évidence le taux de répartition des ligneux dans les classes de hauteur à l'intérieur du PNB.
Figure 6 : Graph showing the distribution rate of woody species in height classes within PNC

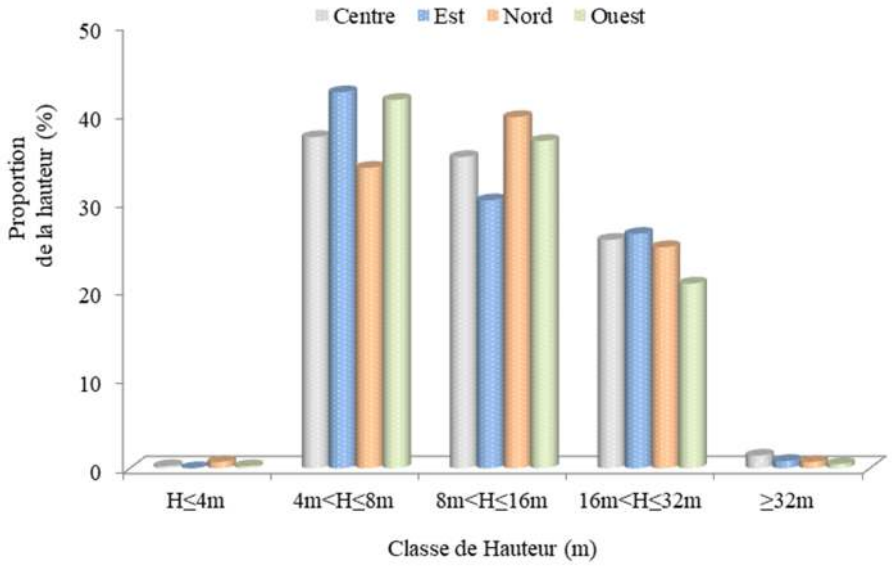


Figure 7 : Diagramme mettant en évidence le taux de répartition des tiges par classes de hauteur dans les différents secteurs du PNB
Figure 7 : Diagram showing the rate distribution of stems by height classes in the different sectors of PNC

4 DISCUSSION

L'analyse de la structure de la végétation du PNB situé en plein cœur de la ville d'Abidjan a permis de poser un diagnostic de l'état de conservation des espèces végétales ligneuses de cette aire protégée. En effet, la distribution par classe de diamètre est utilisée pour comprendre la dynamique des arbres et évaluer l'impact de la pression anthropique sur la population des arbres [13]. Le PNB regorge d'un grand potentiel en ressources forestières ligneuses (146 espèces ligneuses reparties en 111 genres et 36 familles). Les familles les plus dominantes sont les Meliaceae (13%), les Caesalpiniaceae (12%) et les Euphorbiaceae, alors qu'une évaluation de l'ensemble de la flore sur la base de plusieurs travaux dont ceux de [3] et [7], a

indiqué une richesse floristique de 1160 espèces végétales avec pour familles dominantes les Euphorbiaceae, les Apocynaceae et les Poaceae. La dominance des Meliaceae pourrait donc s'expliquer par le fait que bien que s'étendant sur tout le parc, la surface échantillonnée dans le cadre de cette étude, ne couvre qu'une superficie de 7,5 hectares (soit 0,21% de la surface totale du PNB). Il est donc certain que plusieurs espèces n'ont pas été prises en compte dans nos travaux. De plus, la présente étude se rapportant à la diversité structurale, seulement les espèces ligneuses ont été prises en compte. Ces espèces ligneuses sont pour la plupart issues de l'activité sylvicole réalisée à partir des années 1920 [7].

En outre, la richesse de la flore ligneuse est variable selon les secteurs et est plus élevée dans le secteur Centre (95 espèces) que dans les autres secteurs. Cette richesse élevée relève de ce que ce secteur est situé au cœur du PNB. Pour y accéder, il faut avoir une autorisation de la part des autorités chargées de la surveillance du parc (OIPR). De même, la présence de l'école forestière dans ce secteur, contribue à garantir davantage la protection des ressources naturelles qu'il recèle et à dissuader les populations riveraines. Par ailleurs, l'indice de diversité de Shannon plus élevé au Nord du Parc relève des activités anthropiques observées dans ce secteur. En effet, la proximité du quartier populaire nommé Abobo a favorisé la naissance de plusieurs activités informelles notamment la création de garages, les activités agricoles (champs de manioc, de maïs, etc.), la mise en place de fumoirs, etc., dans ce secteur Nord. Ces populations riveraines ont ainsi empiété par endroit sur les limites conventionnelles du PNB. A ces activités, il faut ajouter un autre fait dont l'impact sur le couvert forestier pourrait être encore plus significatif de par son ampleur et les dégâts causés. Il s'agit du ruissèlement de fortes quantités des eaux des ménages (ou eaux usées) très insalubres vers le PNB par l'absence d'un réseau d'assainissement adéquat exploité en amont par une très forte population. Ces ruissèlements quotidiens des eaux insalubres vers le PNB ont entrainé outre la destruction de plusieurs hectares de forêts naturelles du PNB, l'introduction et le développement de plusieurs espèces végétales qui contrastent notoirement avec la composition floristique originelle du PNB. Bien que les perturbations soient visibles dans le secteur Nord du parc, les activités anthropiques n'ont véritablement pas eu une forte influence sur la diversité des ligneux. En effet, plusieurs travaux dont ceux de [14], [15], [16], ont montré que les milieux perturbés sont susceptibles d'être spécifiquement plus riches que ceux qui ne présentent aucun signe d'agression. Par ailleurs, les observations sur le terrain dans le secteur Nord lors de ces travaux, ont permis de mettre en évidence plusieurs empreintes des populations sur le milieu. Ces empreintes ont été caractérisées par des prélèvements réguliers de produits forestiers non ligneux. Entre autre prélèvement, on a pu noter le prélèvement des feuilles ou de fruits (cas de *Thaumatococcus daniellii, Peper guineense*), de rameaux de certaines espèces d'arbres, le prélèvement de certaines lianes notamment le rotin (*Eremospatha hookeri*), la mise à nu quasi-totale du tronc de certaines espèces par prélèvement d'écorce (notamment *Turraenthus africanus*, *Dacryoides klaineana*, *Enanthia polycarpa,* l'abattage à la machette et/ou à la hache suivi de prélèvement des fruits, de gomme, de feuilles etc. pour bien d'autres espèces. Ces faits déjà signalés par [6] dans le Nord-Est du PNB, ont certainement contribué à réduire la densité des tiges enregistrées dans ces deux (2) secteurs soit 186,67 arbres/ha pour le Nord et 246,67 arbres/ha pour le secteur Est comparativement aux secteurs Centre et Ouest. Par ailleurs, les résultats mettent en évidence que les secteurs Nord et Centre ont enregistré les plus fortes valeurs d'aire basale avec respectivement 15,39 m²/ha et 14,23 m²/ha. En ce qui concerne le Nord, cette valeur plus élevée pourrait relever de la faible densité (186,67 arbres/ha) enregistrée dans ce secteur. En effet, la faible densité réduit la compétition des individus pour la lumière tout en favorisant davantage leur croissance en diamètre. A cela, on pourrait associer les actions humaines su-évoquées dans ce secteur.

Paradoxalement, bien qu'ayant enregistré la densité de tiges la plus élevée de tous les secteurs (339,2 tiges/ha), le secteur Centre a une valeur d'aire basale de 14,23 m²/ha en deçà de celle du secteur Nord. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le secteur Centre « cœur du PNB » est le mieux protégé, de ce fait il est ''exempt'' de toute activité humaine. En outre, les arbres du PNB constituent un peuplement inéquien [17]. Plusieurs classes d'âge de tiges composent un tel peuplement. Il est donc certain que plusieurs arbres de la même classe d'âge soient caractérisés par des diamètres plus importants. Ces raisons couplées à la meilleure protection dont bénéficie le secteur Centre peuvent donc contribuer à augmenter aussi bien la surface terrière de ce secteur que la densité moyenne des tiges, la forêt n'ayant pas encore atteint son stade climacique.

Les faibles valeurs d'aires basales obtenues à l'Est et à l'Ouest du Parc contre une forte densité d'arbres dans ces secteurs, pourraient laisser supposer qu'il s'agit d'une probable reconstitution de la forêt originelle. En effet, les travaux d'aménagement urbain (notamment le tracé de l'autoroute au milieu des années 1970, le passage des lignes électriques de haute tension, etc.), ont dû contribuer à perturber la flore de ces secteurs. A ces travaux, il faut ajouter des pénétrations régulières des populations du village d'Andokoi (Secteur Yopougon), qui continuent de revendiquer la portion du parc située à proximité dudit village [7]. Il est certain que les intrusions de ces populations à l'intérieur du PNB ont dû s'intensifier durant la période de conflit en Côte d'Ivoire. La présence d'une scierie dans cette zone signalée lors de notre campagne de terrain ne laisse aucun doute quant à l'exploitation forestière frauduleuse durant la période de conflits. D'où, les valeurs faibles des aires basales enregistrées dans les secteurs Est et Ouest du PNB.

Par ailleurs, les graphes des proportions des tiges en fonction des classes de diamètre, présentent une allure ''J inversée'' tant pour chacun des secteurs que pour l'ensemble du PNB. Cette allure est celle que l'on obtient le plus fréquemment dans la plupart des forêts tropicales : elle montre que, les plus jeunes arbres à petits diamètres sont plus nombreux que ceux à grands diamètres [14]. Selon [18], une telle prédominance des arbres de petit diamètre serait l'expression d'une régénération du peuplement du milieu. Certains auteurs s'accordent à dire qu'il existerait une relation entre les comportements des espèces et la distribution de leurs tiges dans les classes de diamètre [19], [20], [21]. Les espèces qui tolèrent l'ombre par exemple ont une structure de population en forme de ''J inversé'' ou une distribution exponentielle négative des tiges.

La comparaison de la flore des différents secteurs met en évidence une ressemblance du point de vue floristique entre les différents secteurs échantillonnés. Cette situation est confirmée par les différents tests statistiques qui n'indiquent aucune différence significative entre les paramètres étudiés dans le PNB. Cela laisse supposer que la structure de la végétation du PNB est homogène. En outre, les strates d'arbres observées stipulent que les espèces ligneuses au sein du PNB sont dominées respectivement par les microphanérophytes (arbustes de 2 à 8 m de hauteur) et mésophanérophytes (arbre ou liane de 8 à 32 m de hauteur). Le secteur Ouest recèle les arbres de plus grande taille (30 m en moyenne). Enfin, l'allure décroissante que révèle la distribution des individus en classes de diamètre renseigne sur l'état de conservation, le stade de l'évolution et le degré de perturbation de cette aire protégée. Il est donc certain que les différents secteurs du PNB ont subi dans une certaine mesure des actions humaines et sont actuellement en cours de reconstitution [22]. De ce fait, il devient nécessaire de renforcer les mesures d'aménagement devant favoriser la restauration des écosystèmes naturels du PNB. Ce parc, avec ses nombreux atouts et de par sa situation dans la capitale économique du pays pourrait engranger des ressources financières considérables dans le secteur du tourisme si ses gestionnaires inscrivent dans leurs priorités la réhabilitation des pistes et le renforcement des mesures de protection à sa périphérie.

5 CONCLUSION

Les résultats de cette étude ont mis en évidence un grand potentiel de la flore ligneuse du parc national du Banco qui reste relativement diversifiée, malgré la pression urbaine de plus en plus croissante. Le PNB recèle 146 espèces végétales ligneuses repartis en 36 familles et 111 genres. Les secteurs Nord et Est sont les plus diversifiés du Parc, malgré les activités anthropiques (prélèvement des produits forestiers-non ligneux, braconnage, etc.) plus intenses observés dans ces zones. Le secteur Nord recèle les arbres de plus gros diamètres suivi du secteur Centre. Les jeunes arbres de petits diamètres sont les plus nombreux dans l'ensemble et dans chaque secteur du Parc. Au total, 1931 individus ont été recensés sur 7,5 ha soit 257 individus/ha. Dans chaque secteur, cette densité varie de 187 à 339 individus/ha. L'aire basale de l'ensemble des arbres recensés est de 40,59 m²/ha. Cependant, l'aire basale moyenne varie de 2,4 à 5,01 m²/ha. Par ailleurs, la strate des ligneux est dominée par les microphanérophytes et mésophanérophytes. La flore ligneuse entre les différents secteurs se ressemble malgré la pression anthropique exercée dans certains secteurs.

Malgré la richesse de la flore ligneuse, l'urbanisation constitue une menace pour cette dernière relique des forêts denses humides ombrophiles située au Sud du pays et au cœur dans la ville d'Abidjan. Le renforcement des mesures de protection de cette aire protégée par les Décideurs et les gestionnaires constitue de nos jours un défi hautement important si nous voulons garantir sa conservation, sa pérennité.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été possible grâce au financement du Fonds français pour l'Environnement Mondial (FFEM) avec l'appui technique de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) dans le cadre du projet « renforcement des capacités et accès aux données satellitaires pour le suivi des forêts en Afrique » (GEOFORAFRI). Il a aussi bénéficié du soutien du Programme d'Appui Stratégique à la Recherche Scientifique en Côte d'Ivoire (PASRES), de l'Académie des Sciences, des Arts, des Cultures d'Afrique et des Diasporas africaines (ASCAD, Côte d'Ivoire) et du World Academy of Sciences (TWAS). L'accès au parc national du Banco a été possible grâce à la collaboration de l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR).

REFERENCES

[1] K.R.Oura, Extension urbaine et protection naturelle : La difficile expérience d'Abidjan. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* , Volume 12 Numéro 2 | septembre 2012.

[2] J. Véron, La moitié de la population mondiale vit en ville. *Population & Sociétés* n° 435, juin 2007 – Bulletin mensuel d'information de l'Institut national d'études démographiques ISSN 018 77 83.

[3] K. E. N'Guessan, Evaluation biophysique et des services écosystemiques du parc national du Banco, 137 p., 2013.

[4] N. Sako et G. Beltrando, Dynamiques spatiales récentes du Parc National du Banco (PNB) et stratégies de gestion communautaire durable de ses ressources forestières (District d'Abidjan en Côte d'Ivoire). *EchoGéo*, (30), 2014.

[5] J. L. Guillaumet et E. Adjanohoun, La végétation de la Côte d'Ivoire. In Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Avenard JM, Eldin M, Girard G, Sircoulon J, Touchebeuf P, Guilaumet JL, Adjanohoun E et Pernaud A (eds). Mémoires ORSTOM n°50, Paris, France, pp 161-263, 1971.

[6] OIPR, Suivi écologique de 2006 à 2008 au parc national de banco: Synthèse des résultats, 43p., 2008.

[7] N. Sako, G. Beltrando, K. Atta, D. H. N'Da et T. Brou Dynamique forestière et pression urbaine dans le Parc national du Banco (Abidjan, Côte d'Ivoire). *[VertigO] La revue électronique en sciences de l'environnement*, *13*(2), 2013.

[8] J. P. Lebrun et A. L. Stork, Énumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale: Gamopétales : Ericaceae à Lamiaceae, 4, Conservatoire et Jard. Bot., Genève, 712 p., 1997.

[9] C. E. Shannon and W. Weaver, The mathematical theory of communication. *Urbana: University of Illinois Press*, *29*, 1949.

[10] H. Diallo, Influence des gradients anthropiques et géomorphologiques sur la variation de la biodiversité végétale dans la réserve de biosphère de la boucle du Baoulé. Cas de la réserve de Fina (Mali). Thèse de Doctorat, Faculté des sciences, Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique, Université Libre de Bruxelles (Belgique), 249 p., 2014.

[11] T. Sørensen A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similitary of species content. Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab. Biologiske Skrifter, 5, 4: 1-34, 1948.

[12] N. F. Kouamé, Influence de l'exploitation forestière sur la végétation et la flore de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de troisième cycle univ. De Cocody (Côte d'Ivoire), 227 p., 1998.

[13] A. B. Cunningham, Applied Ethnobotany. People Wild Plant Use and Conservation. People and Plants Conservation. Earth scan Publications Ltd: London; 300p., 2001.

[14] C. Y. Adou Yao et K. E. N'Guessan, Diversité botanique dans le Sud du Parc National de Taï, Côte d'Ivoire. *Afrique Science* 01(2), pp. 295-313, 2005.

[15] Y. C. Sangne, Y. C. Adou Yao et K. E. N'Guessan, Transformations de la flore d'une forêt dense semi décidue : impact des activités humaines (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) – Agronomie Africaine, XX(1): 1-11, 2008.

[16] Y. C. Sangne, Dynamique du couvert forestier d'une aire protégée soumise aux pressions anthropiques : cas de la forêt classée de Téné (Département d'Oumé, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) – Thèse de Doctorat unique, Université de Cocody-Abidjan, UFR Sciences de la terre et des ressources minières, Laboratoire du CURAT, 175 p., 2009

[17] Y. Grenier et M. D. Sablon, Comparaison entre des prismes de différents facteurs de surface terrière pour établir la structure des diamètres d'un peuplement inéquienne. *The Forestry Chronicle*, *69*(2), pp. 193-197, 1993.

[18] M. Badji, D. Sanogo, et L. E. Akpo,Dynamique de la végétation ligneuse des espaces sylvo-pastoraux villageois mis en défens dans le Sud du Bassin arachidier au Sénégal. *Bois et Forêts des Tropiques*, *319*(1), 43-52, 2014.

[19] B. Rollet, L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaines. C.T.F.T., Paris, 298p., 1974.

[20] T. T. Veblen, F. M. Schlegel and B. R. Escobar Structure and dynamics of old-growth Nothofagus forests in the Valdivian Andes, Chile. *The Journal of Ecology*, 1-31, 1980.

[21] N. Sokpon, Recherche écologique sur la forêt dense sémi-décidue de Pobè au Sud-Est du Bénin groupements végétaux, structure, régénération naturelle et chute de litière. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 350 p., 1995.

[22] K. Adjonou, A. R. Radji, A. D. Kokutse et K. Kokou Considération des caractéristiques structurales comme indicateurs écologiques d'aménagement forestier au Togo (Afrique de l'Ouest). *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, *16*(1), 2016.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1773-1781
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Application of hydrological model "HEC HMS" In a Mediterranean watershed (Oued Laou, Northern of Morocco)

Mourad Aqnouy[1], Jamal Eddine Stitou El Messari[1], Abdelmounim Bouadila[2], Ismail Bouizrou[2], and M. Reda Aoulad Mansour[3]

[1]Department of Geology, University Abdelmalek Essaadi, Faculty of sciences, Tetouan, Morocco

[2]Laboratory of Georesources and Environment, USMBA, Faculty of Sciences and Techniques, Fez, Morocco

[3]Department of water quality, Hydrological basin agency of Loukkos, Tetouan, Morocco

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

ABSTRACT: The model HEC-HMS 3.5 has been applied to calibrate (from 2004 to 2008) and validate (from 2009 to 2012) with a daily time step, to offer the chance for describe hydrology in a Mediterranean watershed "Oued Laou" located in northern of Morocco. We based this study on two complementary approaches; observation and trend detection in the site and hydrological simulation using the HEC HMS model, these two approaches are reinforced by remote sensing, also the geographic Information System (GIS) techniques were used to determine the geometric and hydrological parameters required to estimate the parameters of the model. The model performance measured in the output of simulation give satisfactory results with an average Nash greater than 70%. We note that the model tends to underestimate volumes as well as flood peaks. These results lead to a realistic modeling of the hydrological processes in the Laou watershed and could fill a lack of information concerning the hydrological functioning of this basin. This study shows that the hydrological model HEC-HMS 3.5 can be used to model the Laou river basin, also in other similar contexts.

KEYWORDS: Hydrological simulation, HEC HMS Model, GIS, Laou Watershed, Underestimate, Flood peaks.

1 INTRODUCTION

To reduce the flood damage consequences or low-water events affecting human health, the environment, and economic activity, it is essential to understand the hydrological functioning in order to insure a good management of water resources. Therefore, in this study a semi distributed hydrologic model has been used, for supporting the environmental planning directives with simulation and prediction models, regarding the development of regulation and planning tools around the world [1], [2], [3].

The HEC-1 hydrological model was originally developed in 1967 by Beard and other members of the Hydrology Engineering Center, along with the US Army Corps of Engineers, for simulating flood hydrographs in complex basins [4]. After that, the software platform has been developed and used in thousands of studies with the objective of hydrological simulations [5], [6], [7]. In this study, a semi distributed hydrologic model of HEC-HMS 3.5 has been used to simulate runoff of the Laou watershed. Several studies highlighted that the HEC-HMS 3.5 was able to simulate the rainfall-runoff relation in space and time in different watersheds [8], [9]. Khaddor (2016) has applied HEC-HMS model to simulate Flow River in Kalaya watershed in the North of Morocco, has obtained results indicated that the model could simulate various meteorological and hydrological processes for the flood hydrograph, as well as the estimation of runoff over years return periods [10]. Tramblay (2012) has applied rainfall-runoff modeling using HEC-HMS and GIS in two sub-basins; Mdouar and Elmakhazine in Northern Morocco and as result, the HEC-HMS could give a reliable simulation despite of decreasing of gauges stations in some of sub-basins [11]. The main aim of this study is to understand the hydrological functioning of the Laou watershed by applying the HEC HMS model for modeling rainfall-runoff.

Corresponding Author: Mourad Aqnouy

The main aim of this study was to identify flow by simulated and observed at Laou catchment in the computer-based rainfall runoff processes. The GIS based semi-distributed model named HEC-HMS was used for this study.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY AREA

The Laou watershed is located in the North-western part of Morocco (fig.1), and covered an area of 940 km² and a stream length of 70 km. The flow direction is almost from the south to the north of the watershed.

The watershed water budget is linked to high winter precipitation that reaches more than 1000 mm per year in higher outcrops (fig 2). Indeed, almost half of the basin's area is with elevation above 1000 m (fig 2).The geological formations of the study area consist mainly of impermeable or low permeability facies. The limestone chain, the plains and the alluvial valleys benefit of the infiltration of rain water which make important the groundwater reservoirs in the area. The Laou watershed extended in a general NE-SW and it is inserted between two mountains to the North and South. Its climate undergoes the influence of a sub-humid Mediterranean microclimate in winter with maximum rainfall in winter and spring [12].

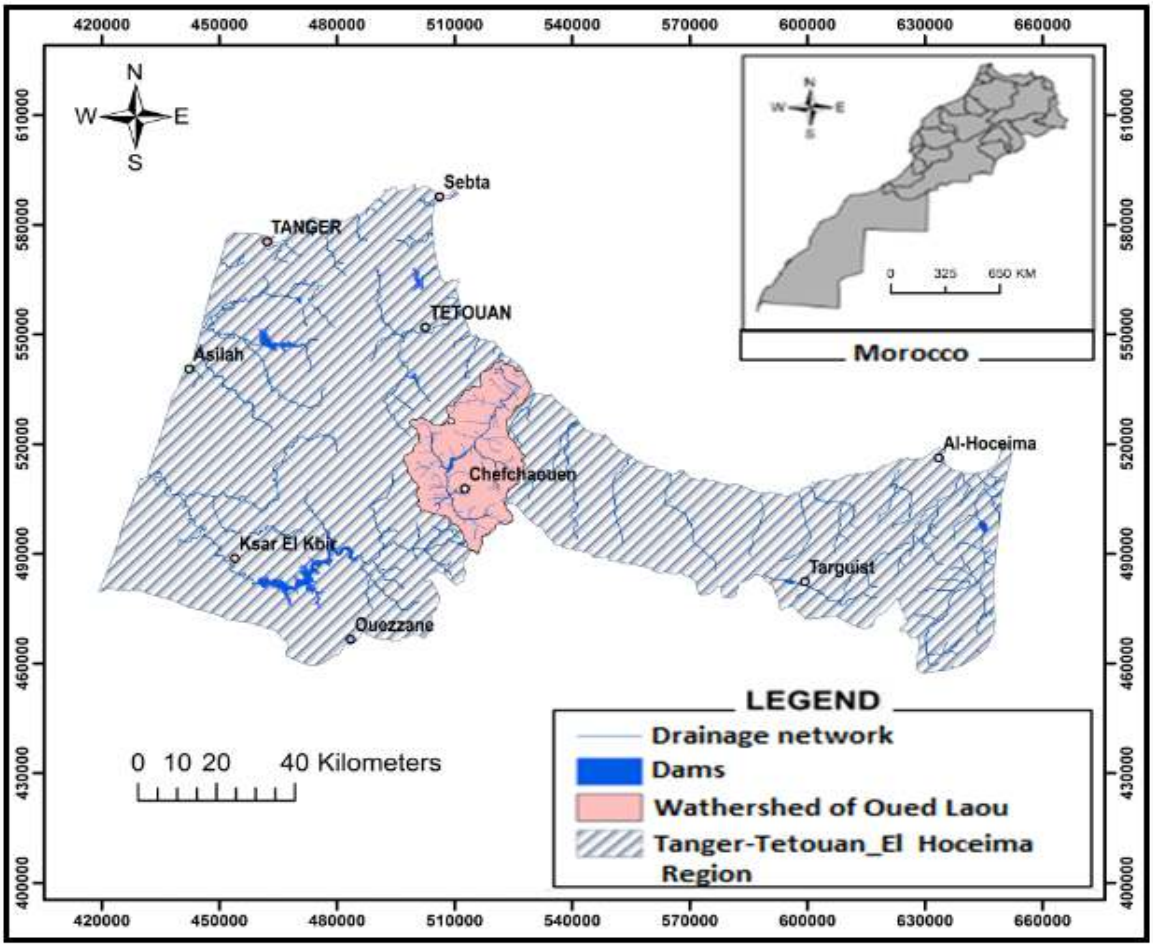


Fig. 1. Map of Morocco, location of study basin and drainage network

Hydro-climatic data used in this study correspond to a period from 2004 to 2012 and are issued from two stations:

Bab Taza; a rainfall station located upstream the Laou watershed and characterized by more abundant precipitations reaching more than 1200 mm / years.

Koudiet Kouriren; a hydrometric and rainfall station located downstream of the basin just before the plain and is characterized by a predominant drought with an annual main precipitation of 473 mm.

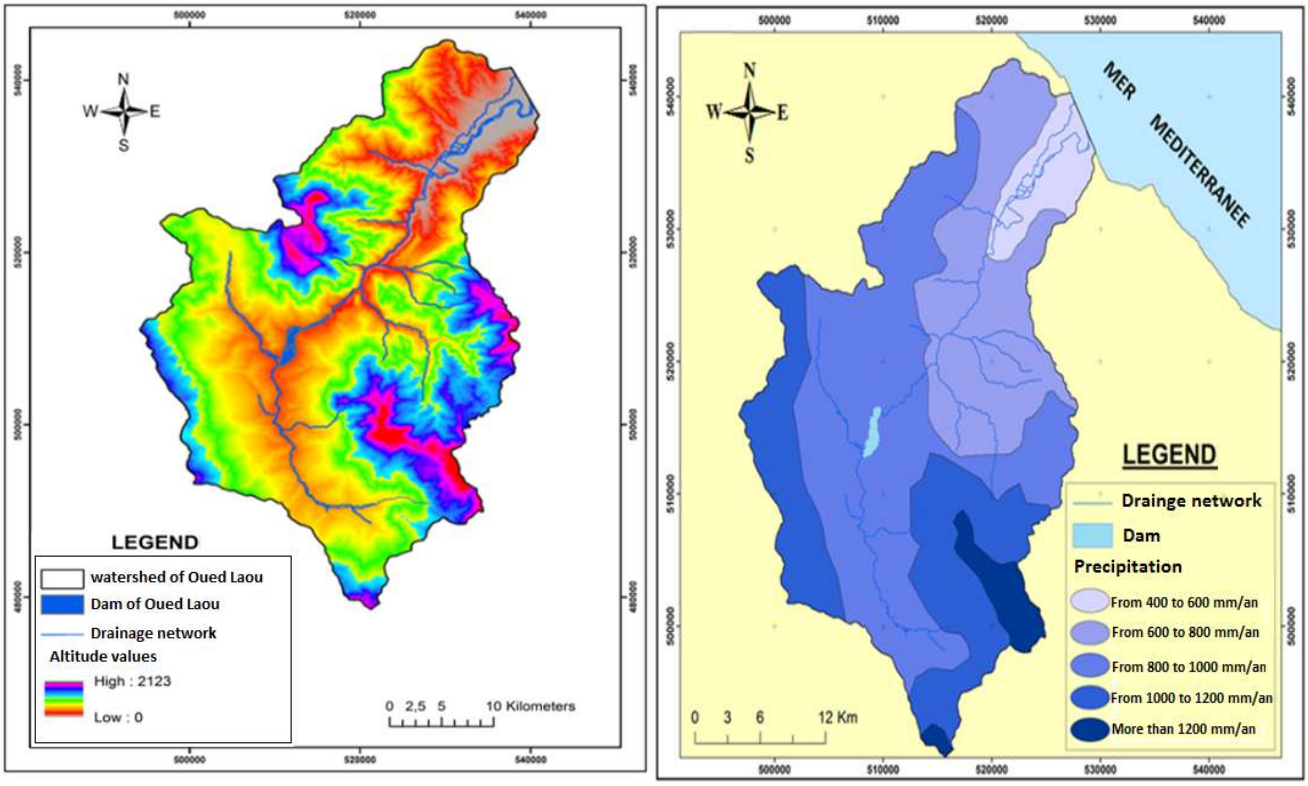


Fig. 2. Digital elevation Model (DEM), precipitation distribution map.

The Laou streams flow are fairly important during winter period, but are provided by springs during dry periods. This investigation is carried out on two field visits; 29 April 2017 and 29 August 2017 (fig 3) in the Tassikeste stream which is a tributary of Laou River

These visits revealed that this stream is characterized by an intermittent flow (absence of water in the dry season) and then, the Koudiat Kuriren gauging station does not control this tributary.

The drainage of the Laou river is also done by several superficial rivers, whose flows continue until they are downstream, which is the connection with the watercourse of the Laou river (Ouara, Farda, Talembot, Boumarouil, Tassefete). These branches of flow are fed by sources related to carbonate formations such as those of Majjou, whose average annual flow is greater than 400 l / s. The main tributaries cross mainly Cretaceous flyschs easily erodible in the absence of vegetation to retain soil; the calcareous dorsal and the Paleozoic coastal formations constituting important reliefs form an area favorable to runoff [12].

Fig. 3. Photos of the visits made; the first on 29/04/2017 and the second on 29/08/2017 in Tassikeste sub-basin

2.2 STUDY METHOD

The simulation was performed across (2004-2008) for calibrating the model and from (2009) to (2012) for validate the model. Indeed, the validation is the key criteria to test the hydrological model performance with serious independent data [13], [14]. During the validation period, we have calibrated the model without changing the parameters that we used in calibration period. The phenomenon of evaporation was excluded, while the infiltration was assumed less important given the predominance of altitudes (slopes) that favored the flow.

To run the model it was necessary to complete sub- models such as the watershed loss. For this sub-model, the used approach for the model calibration is SCS (Soil Conservation Service) curve number as a production function. Many studies have successfully used this function in a semi-arid Mediterranean context [11]. The hydraulic conductivity, initial loss, wet front suction, volumetric moisture deficit and percentage of impervious surfaces are the input parameters in loss sub-model. The values of curve number (CN) obtained for the basin was estimated and optimized.

To convert excess rainfall to runoff, the CLARK model (Mod Clark) was used and values of lag time were introduced to the model for each sub-basin. The base flow was deducted from observed hydrographs and, the monthly average flows were considered as the base flow in Koudiet Kouriren gauging station. The monthly constant parameters for the base flow method are set by calculation and manual processing of the inter-annual monthly averages, and then they are inserted manually on the platform of the HEC HMS model (Fig 4).

To run the model in continuous base, observed daily hydrographs and their respective daily hyetographs were used. These data obtained from Koudiet Kouriren hydrometric and rainfall station and Bab Taza rainfall station are used for the calibration for the period 2004-2008 and validation for 2009-2012 respectively, then the model validation was performed and simulated with optimum values and observed hydrographs were compared.

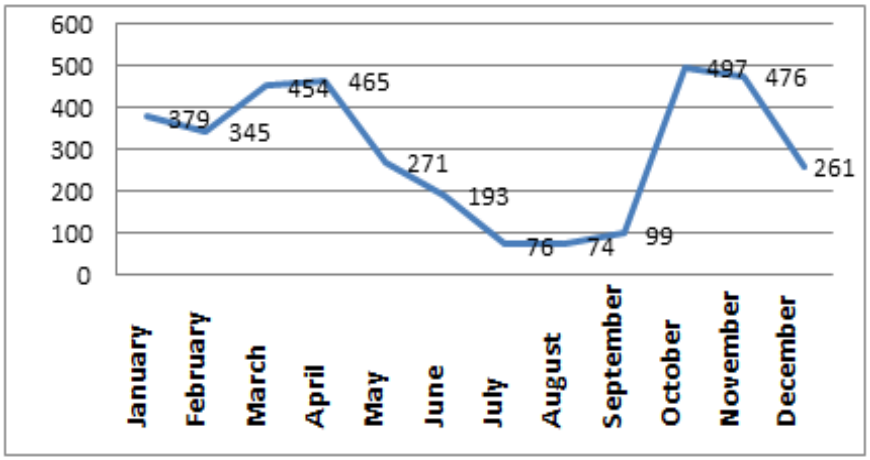


Fig. 4. Monthly average inter-annual base flow curve from 2004 to 2012.

The simulated flow rates were statistically tested, by Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) [15], and the correlation between observed and simulated flows values, to assess the model performance.

2.3 HEC-HMS MODEL

The HEC1 is a developed version of HEC-HMS under windows for surface runoff simulation in watersheds. In this model, watershed is given as an interconnected system with hydrologic and hydraulic components. Several components are combined to simulate the basin processes. Each component is representative of the factors to convert precipitation to runoff within a part of the basin which is usually considered as sub-basin[16].

The daily stream owes were computed based on Soil Conservation Service (SCS). The concentration time parameter was calculated in order to be used in the model function. The literature proposes several empirical formulas for calculating the concentration time. Some are more prevalent in Morocco (table 1).

Table 1. The concentration time calculated by different equations

	Giandotti	Turrazza	Kirpich	Van Te Chow	Average
Tc (h)	8.70	8.50	6.73	5.70	7.41

The lag time is also an important hydrological parameter because it is directly related to the time of concentration [16] by the equation;

$$T_L = 0{,}6\ T_c$$

Where T_L is Lag time (min).

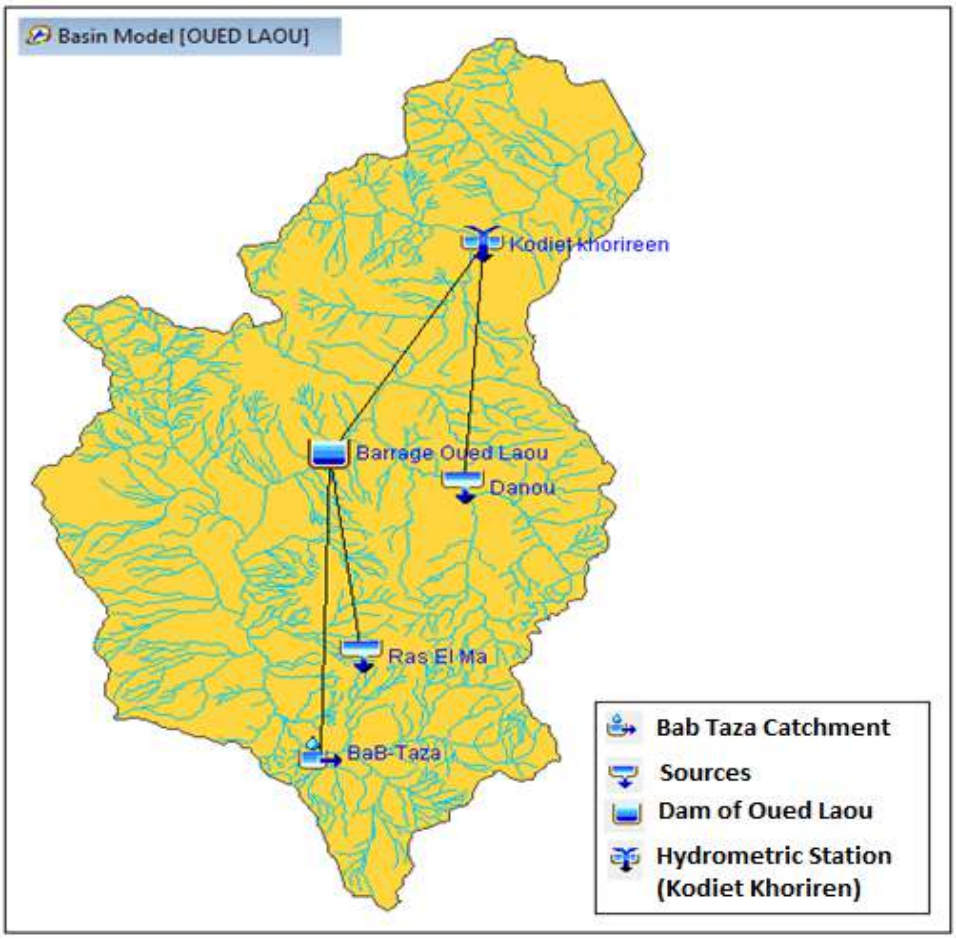


Fig. 5. Project Map on the Hydrologic Model Platform (HEC-GEOHMS).

The basin physical characteristic values (shape, area, etc.) were measured by the appropriate GIS (Arc GIS 10.3), and the Tc (concentration time) and the Lag time were calculated, based on the formulas most prevalent in Morocco. In order to reach the optimized values when the required parameters cannot be estimated precisely, the parameters are calibrated, by systematic search of the best fit between observed and simulated stream flow hydrograph. The calibrated values were determined for each sub-basin of the Laou basin in order to have the optimum parameter values after manually calibrating the model [17]. All parameters are simultaneously evaluated and corrected.

2.4 MODEL PERFORMANCE

At the end of the continuous simulation, the model performance was evaluated for both (calibration and validation) in different ways including Nash-Sutcliffe efficiency[15] and coefficient of determination (R2) [18].

- Nash-Sutcliffe efficiencies (ENS)

The validation of the model is verified by a comparison of flows calculated and observed through quality criterion. The most used criterion for the conceptual models is the Nash and Sutcliff criterion, which is expressed by the equation below;

$$\text{Nash} = 1 - \frac{\sum(\text{Qobs} - \text{Qcalc})^2}{\sum(\text{Qobs} - \text{Qm})^2}$$

Where ;

Qobs, Qcalc, Qm are respectively the observed and simulated flows over a time step and the average of the observed flows. Practically, it is estimated that the simulation is of poor quality when the Nash criterion is low (<0.5), it is acceptable when it is greater than (> 0.7), perfect when it is equal to (1).

- Coefficient of correlation (R2)

$$R^2 = \left[\frac{\sum(Q_{obs} - Q_{obs})^2 - \sum(Q_{sim} - Q_{sim})^2}{\sum(Q_{obs} - Q_{obs})^2}\right]$$

Where:

Qobs=observed discharge

Qsim=simulated discharge

obs=mean of observed discharge

sim=mean of simulated discharge

More R^2 is close to 1, more the result of simulation is close to the observation [2].

3 RESULTS AND DISCUSSION

The model used for simulating the hydrological functioning in the Laou basin (940 km²) is a semi-distributed and conceptual model, without spatialization of rain or properties of the soils. The basin is assumed presenting a rather homogeneous land use and without waterproof zones. Rugged terrain characterized by steep slopes promotes runoff and limits the importance of underground reserves[12].

The SCS production function appears to be more adopted in Laou watershed. This function is widely used because of its simplicity and the limited number of required parameters. A higher CN means more runoff where a CN of 100 means that all the rain will flow as runoff. CN's are no greater than 98, even for conventional pavements, since some small amount of rainfall will be held by the surface [1]. Therefore we have calibrate the model by adjusting the SCS CN, the best fit of CN was equal 62 that indicate the distinction of initial condition of soils in the study area as well as its found by Tramblay in the El Makhazine watershed [11] .

The model run's results indicate that using monthly constant method at base flow leads to more harmony between observed and simulated hydrographs in the Laou basin.

Clark's unit hydrograph transfer function was the most suitable for the Laou Basin. Indeed, it demonstrates its ability to simulate flow in contexts where land use and topography are complex. This result is similar of the Tramblay findings in the El Makhazine watershed [11].

In Figure 6, the daily hydrographs of the simulated and calibrated runoff for the period 01/01/2004-31/12/2008 are fitting well. Based on the calibrated parameters and values, the model is validated on a data series that did not used during calibration period, We have used the series going from (01/01/2009-31/12/2011) to validate the model, and finally the performance have improved.

Regarding the flood volumes, we note a succession of underestimation of flood volumes during the calibration and validation period. This underestimation persists despite the efforts and corrections made, which is well understood regarding the fact that the transfer function has no effect on the flood volume, but it is rather on the movement of this intervening volume. Besides, the watershed does not have enough rainfall station to properly control the inflow.

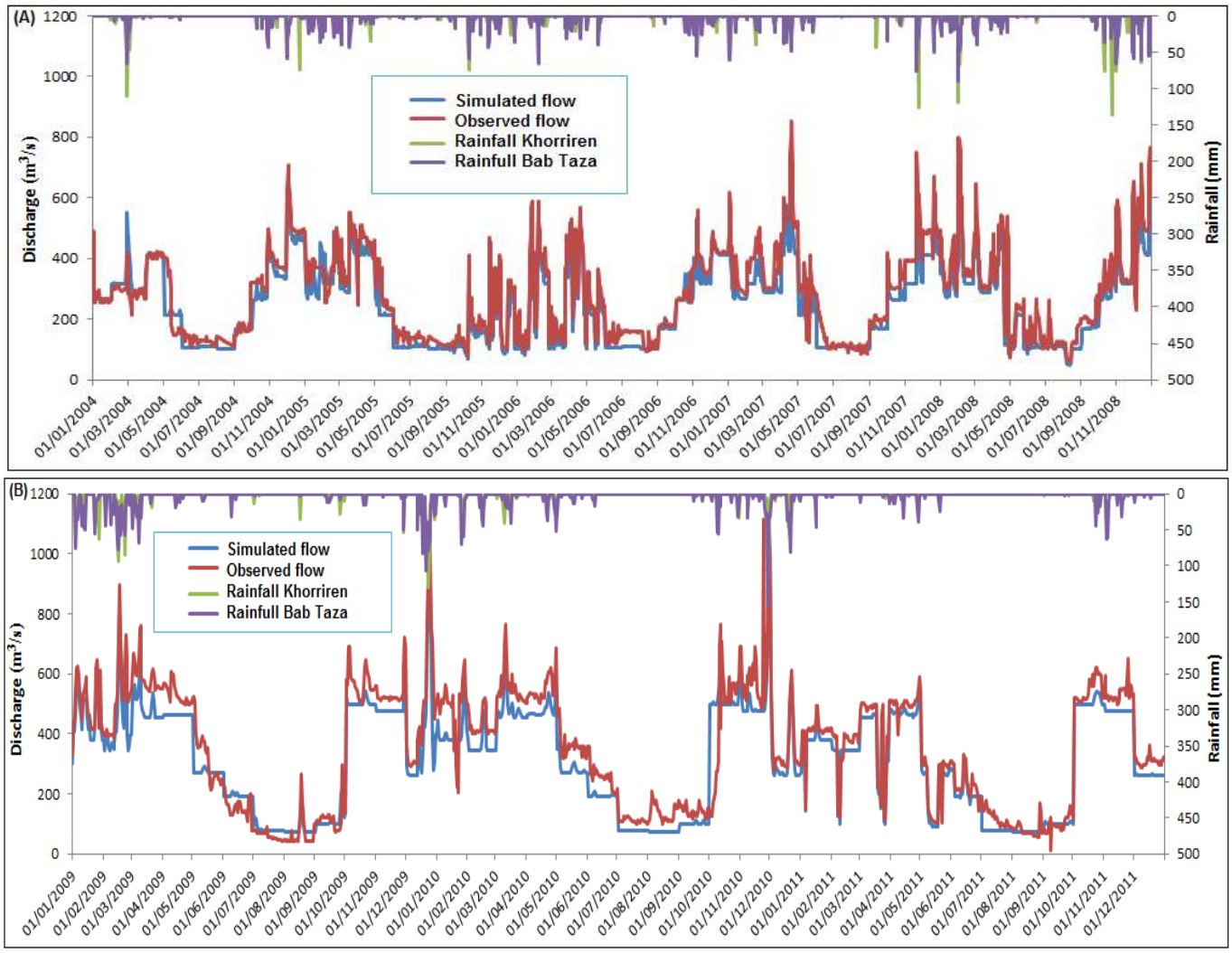


Fig. 6. Daily hydrograph comparison between simulated and observed flow for the catchments of Laou basin. A) Calibration period 2004-2008, B) Validation period (2009-2012).

The model tends to underestimate flood peaks, but it is able to correctly reproduce the basin hydrological functioning. We deduced that the model was more appropriate in the Laou watershed. This model takes into account the chronological sequence of the phenomena and the parameters of the watershed, more precisely the basic flows which are in the form of sources supplying the main watercourse.

The model performance was checked using the Nash-Sutcliffe efficiencies (ENS) (Table 2) and, as obtained result, the HEC-HMS 3.5 model reproduces satisfactorily the discharges measured at Koudiat Kuriren gauging station for the period 2004-2008, as well as the measured discharges for 2009-2012 (Table 2).

Table 2. Model performance indicator (ENS) in calibration and validation periods.

Indicateur	**Calibration period**	**Validation period**
NASH	0.72	0.83

The statistical coefficient (Coefficient of correlation R^2 (Fig 7)) supports to good fit models for the calibration (R^2= 0.92) and for validation period (R^2=0.91).

Based on the results and data confirmation, Hec Hms model can be a reliable tool for modeling the Laou river flow. Evaluation performance yields coefficient close to 1.0. Thus, the Hec Hms model can be used to predict flood levels, flow rates as well as for design purposes.

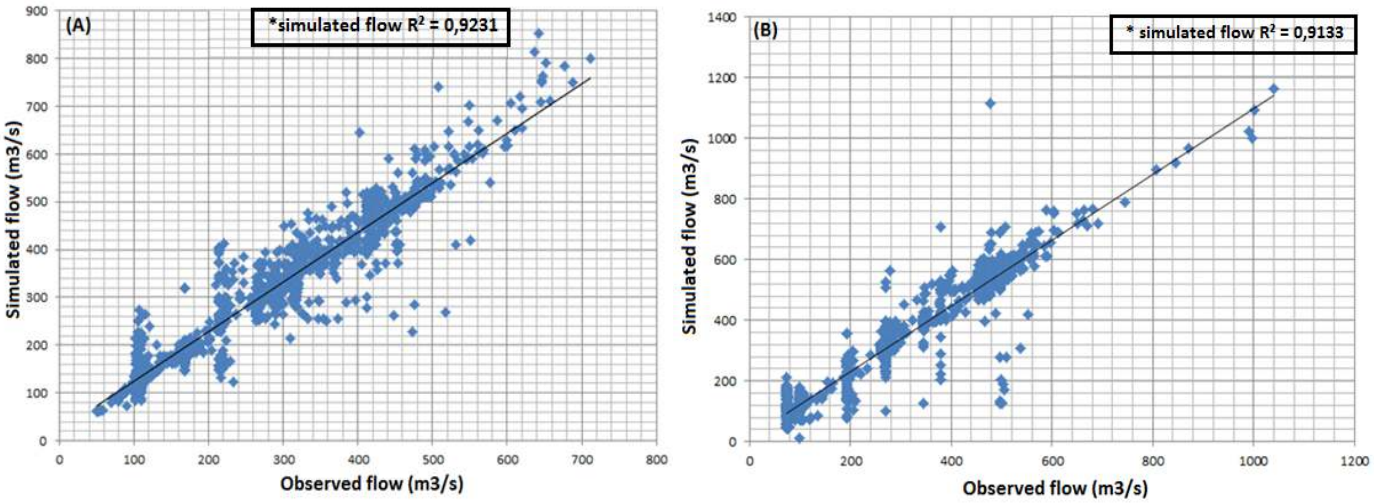


Fig. 7. Simulated versus observed flow, 5 years for calibration (A) and 3 years for validation (B)

4 CONCLUSION

The main objective of this study was to identify flow by simulated and observed at Laou catchment in the computer-based rainfall runoff processes. The GIS based semi-distributed model named HEC-HMS was used for this study. The response of model in simulating rainfall runoff was analyzed for the basin. The GIS based extension tool HEC-GEOHMS was mainly used for preparation of inputs for HEC-HMS.

Continuous simulation capabilities of Hec-Hms Model 3.5 were useful for assessing the impacts of stream development and understanding the hydrological function in the Laou River. The model demonstrates that base flow contribute in the Runoff of Laou watershed especially in the dry season.

The model provides the best performance in calibration as well as in validation that generally greater than 70%. This study highlights how these capacities could be applied to rivers in a Mediterranean watershed. The hydrological behavior of the Laou River is determined by the application of hydrological modeling on the platform of a semi-distributed and conceptual model. As far as prevention is concerned for better decision-making, the Laou Basin may have risks linked to the overflow of its tributaries, especially in winter.

Following is the specific recommendation from the analysis:

- We recommend using the platform of HEC HMS in Mediterranean watershed
- The simulated water balance demonstrates that the catchment outputs are dominated by the base flow, Then It becomes necessary to add hydrological stations in many sub-basins in the Laou watershed, and these future stations should contribute to measure the base flow in this basin.

ACKNOWLEDGMENT

A very special thanks to the scientific research team of Laboratory of Georesources and Environment, USMBA, Faculty of Sciences and Techniques, Fez – 30000, Morocco.

REFERENCES

[1] D. Halwatura and M. M. M. Najim, “Application of the HEC-HMS model for runoff simulation in a tropical catchment,” Environ. Model. Softw., vol. 46, pp. 155–162, 2013.
[2] H. Garba and I. A. Chukwujama, “Evaluating the performance of a hydrological model on River Kaduna discharge,” vol. 6, no. 1, pp. 25–29, 2016.
[3] D. Caissie, “archivee-archived,” Fish. Ocean. Gulf Reg. Ocean. Sci. Branch Diadromous Fish Sect. P.O. Box 5030, Moncton, NB, E1C 9B6, no. River discharge and channel width relationships for New Brunswick rivers, 2006.
[4] J. O. Oleyiblo and Z. Li, “Application of HEC-HMS for flood forecasting in Misai and Wan ’ an catchments in China,” Water Sci. Eng., vol. 3, no. 1, pp. 14–22, 2010.

[5] K. Cydzik and T. S. Hogue, “Modeling postfire response and recovery using the hydrologic engineering center hydrologic modeling system (HEC-HMS),” J. Am. Water Resour. Assoc., vol. 45, no. 3, pp. 702–714, 2009.
[6] M. R. Knebl, Z. Yang, K. Hutchison, and D. R. Maidment, “Regional scale flood modeling using NEXRAD rainfall , GIS , and HEC-HMS / RAS : a case study for the San Antonio River Basin Summer 2002 storm event,” vol. 75, pp. 325–336, 2005.
[7] R. Meenu, S. Rehana, and P. P. Mujumdar, “Assessment of hydrologic impacts of climate change in Tunga – Bhadra river basin , India with HEC-HMS and SDSM,” 2012.
[8] A. Asadi and F. Boustani, “Performance Evaluation of the HEC-HMS Hydrologic Model for Lumped and Semi-distributed Stormflow Simulation (Study Area : Delibajak Basin),” Am. J. Eng. Res., vol. 2, no. 11, pp. 115–121, 2013.
[9] W. Gumindoga, D. T. Rwasoka, I. Nhapi, and T. Dube, “Ungauged runoff simulation in Upper Manyame Catchment, Zimbabwe: Application of the HEC-HMS model,” Phys. Chem. Earth, vol. 100, pp. 371–382, 2017.
[10] I. Khaddor, M. Achab, and A. H. Alaoui, “Hydrological simulation (rainfall-runoff) of kalaya watershed (tangier, morocco) using geo-spatial tools,” J. Water Sci. Environ. Technol., vol. 2508, no. July, p. 9250, 2016.
[11] Y. Tramblay, “Modelisation Des Crues Dans Le Bassin Du Barrage Makhazine , Maroc,” 2012.
[12] J. Stitou, E. L. Messari, and A. Salhi, “PROJET WADI DE L ’ UNION EUROPEENNE RAPPORT DES ACTIVITES DE 2007,” 2007.
[13] J. Vaze, P. Jordan, R. Beecham, A. Frost, and G. Summerell, Guidelines for Rainfall-Runoff Modelling : Towards Best Practice Model Application, no. December. 2011.
[14] A. K. Verma, M. K. Jha, and R. K. Mahana, “Evaluation of HEC-HMS and WEPP for simulating watershed runoff using remote sensing and geographical information system,” pp. 131–144, 2010.
[15] J. E. Nash and J. V Sutcliffe, “River Flow Forecasting Through Conceptual Models Part I-a Discussion of Principles*,” J. Hydrol., vol. 10, pp. 282–290, 1970.
[16] A. Majidi and K. Shahedi, “Simulation of Rainfall-Runoff Process Using Green-Ampt Method and HEC-HMS Model (Case Study : Abnama Watershed , Iran),” vol. 1, no. 1, pp. 5–9, 2012.
[17] A. D. Feldman, “Hydrologic modeling system HEC-HMS, Technical Reference Manual,” Tech. Ref. Man., no. March, p. 145, 2000.
[18] L. Kalin and M. M. Hantush, “Hydrologic Modeling of an Eastern Pennsylvania Watershed with NEXRAD and Rain Gauge Data,” vol. 11, no. 6, pp. 555–569, 2007.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1782-1793
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Evaluation de la consommation des cultures locales dans le centre-nord de la Côte d'Ivoire : Cas de l'igname, du manioc et de l'arachide

[Assessment of local crop's consumption in the north-central of Côte d'Ivoire : Cases of yam, cassava and groundnut]

Monty Abibata CAMARA, Zita Essan Bla N'GORAN-AW, Moctar CISSÉ, Eric Fattoh ELLEINGAND, and Nogbou Emmanuel ASSIDJO

Laboratoire des Procédés Industriels, de Synthèse et de l'Environnement (LAPISEN),
Institut National Polytechnique Houphouët-Boigny (INP-HB), BP 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: This work studies the consumption by population of Dabakala and Niakara of yam, cassava and groundnut foods. The survey sample of the population was random and was composed of 400 persons (56% women and 44% men) belonging to different ethnic groups. The results of the survey show that 97%, 93%, 96% of the surveyed population consume respectively yam, cassava and groundnut and there is not significant difference according to the cities. Of those, 79 % of the population prefer pounded yam and 57% prefer boiled yam. Cassava is more consumed as *attiéké* 86% and *placali* 46%. 83%, 55%, 35% of the population consume respectively groundnut as sauce, roasted with hull and fresh. These foods are consumed regularly by the population in proportions of 265.3 g/day/pers for yam, 197.1 g /day/pers for cassava and 161 g/day/pers for groundnut. This consumption varies according to the sex (pounded yam, boiled groundnut and roasted with hull) and according to age (pounded yam and *attiéké*).

KEYWORDS: yam, cassava, groundnut, consumption, cooking form.

RESUME: Ce travail porte sur la consommation des aliments à base d'igname, de manioc et d'arachide par les populations de Dabakala et de Niakara. L'échantillonnage de la population a été aléatoire et composé de 400 personnes (56% femmes et 44% hommes) appartenant à différents groupes ethniques. Les résultats de l'enquête montrent que 97%, 93%, 96% des enquêtés consomment respectivement l'igname, le manioc et l'arachide et cette consommation ne varie pas en fonction de la ville. De même, 79 % de la population préfèrent l'igname pilée (foutou) et 57% préfèrent l'igname bouillie. Le manioc est plus consommé sous les formes *attiéké* 86% et *placali* 46%. 83%, 55%, 35% de la population consomme respectivement l'arachide en sauce, grillée avec la coque et fraiche. Ces aliments sont régulièrement consommés par la population dans les proportions de 265.3 g/jour/pers pour l'igname, 197.1 g/jour/pers pour le manioc et 161 g/jour/pers pour l'arachide. Cette consommation varie d'une part en fonction du sexe (foutou igname, arachide bouillie et arachide grillée avec la coque) et d'autres part en fonction de l'âge (foutou igname et *attiéké*).

MOTS-CLEFS: igname, manioc, arachide, consommation, formes culinaires.

1 INTRODUCTION

En Afrique de l'Ouest, la consommation des différentes sources d'aliments diffère selon les régions et est largement dépendante des pratiques culturales. Ainsi dans les régions du nord, il a été constaté que les produits céréaliers occupaient une place importante dans l'alimentation. En zone forestière, on retrouve les racines et les tubercules. Cette répartition géographique des denrées a contribué à l'adoption de style alimentaire différent selon les régions. En effet, lorsqu'une région produit une quelconque denrée, celle-ci constitue principalement son aliment de premier choix [1]. De plus, on constate que ce style alimentaire est traditionnellement composé de céréales ou de féculents accompagnés d'une sauce à base de légumes ou de légumineuses. En Côte d'Ivoire, il existe diverses plantes à racines et tubercules dont les plus importantes tant au plan

production qu'au plan consommation sont l'igname et le manioc. Avec une production nationale de 5.808.972 tonnes pour l'igname et 4.239.303 tonnes pour le manioc [2], ces dernières étant respectivement première et deuxième culture vivrière.

Par ailleurs, bien qu'étant défini par les habitudes culturales des régions, le modèle alimentaire est aussi influencé par les brassages des populations. En effet, la migration oblige les individus à se réapproprier de nouvelles habitudes alimentaires, ce qui conduit à des transitions nutritionnelles et donc à l'abandon des cultures traditionnelles. C'est le cas de l'*attiéké* (couscous de manioc) qui, auparavant produit et consommé par les peuples lagunaires (Ebrié, Adioukrou…), est aujourd'hui consommé par tous les ménages en Côte d'Ivoire [3], [4].

Ainsi, le centre-nord de la Côte d'Ivoire, une zone de transition entre le nord et le centre, n'échappe pas à la composition de base des mets ivoiriens comprenant des céréales ou des racines-tubercules. On y trouve par conséquent des mets typiques du nord et du centre du pays.

L'objectif de la présente étude est de décrire les fréquences de consommation alimentaire des populations de Dabakala et de Niakara. Ce travail accorde un intérêt particulier au comportement alimentaire de ces populations face à l'igname, l'arachide et le manioc, trois cultures importantes dans la région.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La présente étude s'est déroulée dans les départements de Dabakala et de Niakara, situés dans la région administrative du Hambol au centre-nord de la Côte d'Ivoire. Ces localités sont distantes chacune respectivement d'environ 85,8 km et 71,1 km de Katiola, le chef -lieu de région, lui-même situé à une distance d'environ 393 km d'Abidjan.

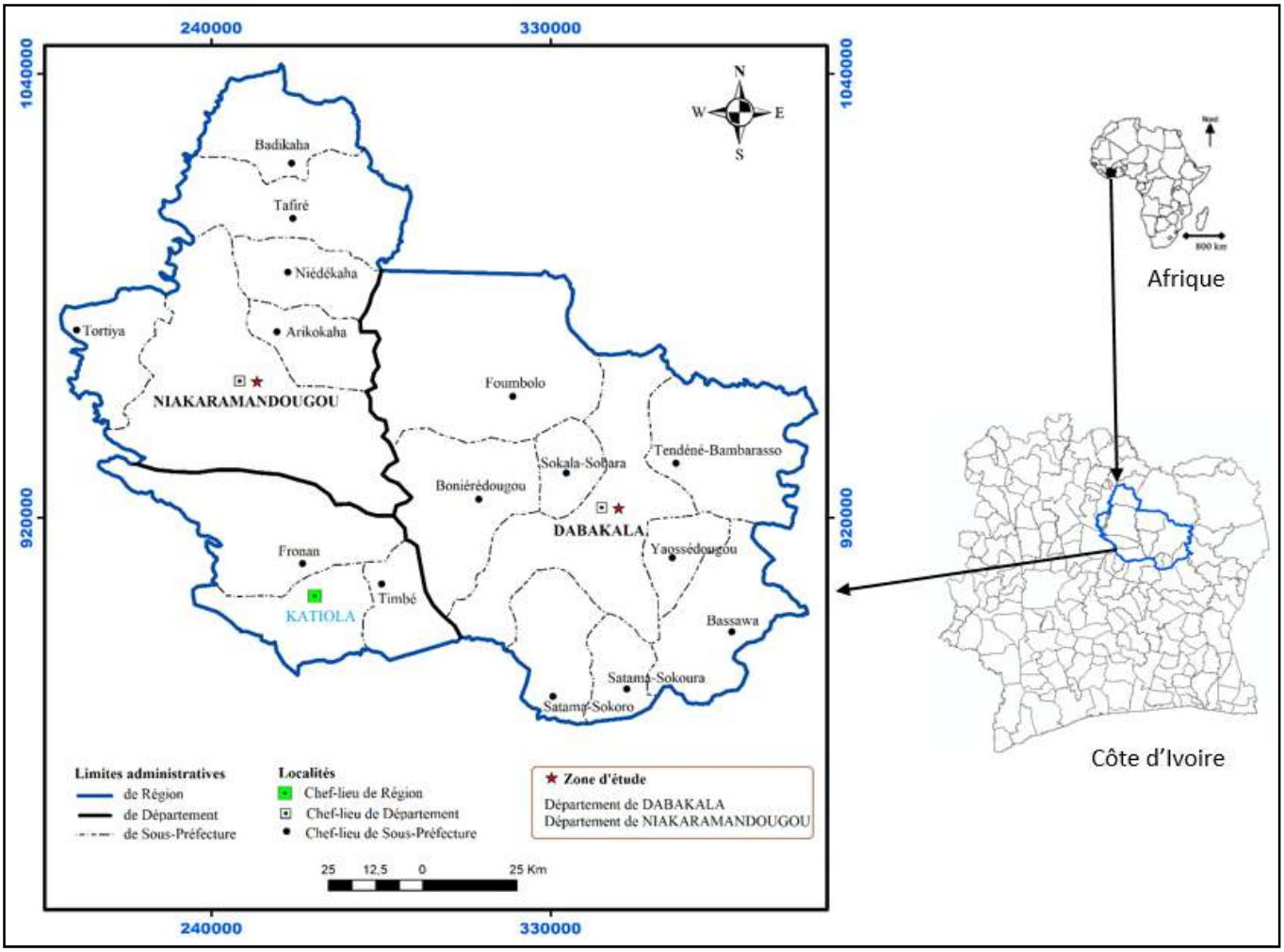


Fig. 1. Représentation de la zone d'étude

2.2 MATERIEL

Le matériel technique ayant servi à la réalisation de cette enquête est constitué d'une fiche d'enquête (voir 2.5) comportant deux parties. La première partie était réservée aux caractéristiques du répondant et la seconde aux caractéristiques de la consommation de l'igname, du manioc et de l'arachide.

2.3 METHODES

Une enquête a été réalisée dans les villes de Dabakala et de Niakara. Le choix de ces villes se justifie par le fait qu'elles sont les chefs lieu de département d'une part, et que l'igname, le manioc et l'arachide y sont abondamment cultivés d'autres part.

L'enquête visait à qualifier et à quantifier les aliments à base de manioc, d'igname et d'arachide consommés par la population.

De façon pratique, il s'est agi d'interroger tous les individus rencontrés, sans distinction de sexe et d'âge, sur leur consommation d'igname, de manioc et d'arachide.

Les entretiens ont été faits en français ou en malinké (langue locale). Les enquêtes se sont déroulées pendant les mois de Mai et de Juillet 2017, période de récolte des différents produits vivriers d'intérêt.

Au total, 400 personnes ont été interrogées sur leur tranche d'âge, les aliments consommés entre l'igname, le manioc et l'arachide, leur fréquence de consommation, les formes culinaires appréciées et la quantité consommée.

Pour chacun des aliments, chaque personne a été interrogée sur sa fréquence de consommation par jour, par semaine ou par mois et sur les quantités consommées à chaque fois. La consommation des différents produits étant sujette à des variations saisonnières, les niveaux de consommation correspondent à ceux des enquêtés lors de la période de forte disponibilité. Pour faciliter l'indication des quantités par les répondants, des photos d'aliments réels présentant des tailles de portions d'aliments prêts à manger, leur ont été présentées (voir 2.5).

2.4 ANALYSES STATISTIQUES

Le dépouillement des données a été fait à l'aide du logiciel Sphinx V2. Les figures et tableaux ont été réalisés à l'aide d'Excel. Les questions fermées ont fait l'objet d'une analyse statistique en déterminant la fréquence, l'intervalle de confiance et les tests de Khi deux et de Fisher. Cependant les questions ouvertes issues de la fiche d'enquête et des causeries libres ont fait l'objet d'une analyse de contenu.

2.5 FICHE D'ENQUÊTE ET PHOTOGRAPHIES POUR ENQUETE

FICHE D'ENQUETE

N° de fiche :
Date :
Localité :
I. CARACTERISTIQUES DU REPONDANT
1. Sexe : M ☐ F ☐

2. Tranche d'âge

Moins de 18 ans	☐	40 à 49 ans	☐
18 à 29 ans	☐	50 à 59 ans	☐
30 à 39 ans	☐	60 ans et plus	☐

3. Nationalité/ Ethnie :
II. CONSOMMATION DE L'IGNAME, DU MANIOC ET DE L'ARACHIDE
4. Consommez-vous ces aliments ?
Igname ☐ Manioc ☐ Arachide ☐

5. Quelle est votre fréquence de consommation ?

	Igname	Manioc	Arachide
Fois/jour			
Fois/semaine			
Fois/mois			
Autres (préciser)			

6. Sous quelles formes consommez-vous l'igname, le manioc, l'arachide ?

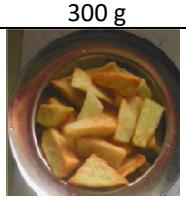
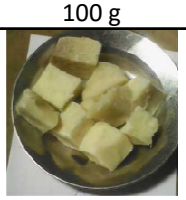
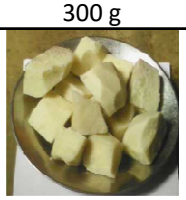
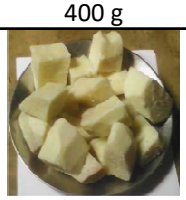
Igname		Manioc		Arachide	
Bouilli		Frais		Frais	
Foutou		Bouilli		Bouilli	
Frite		Foutou		Grillé avec coque	
Braisée		Attiéké		Grillé sans coque	
Autres (préciser)		Placali		Sauce	
		Autres (préciser)		Autres (préciser)	

7. Quelle quantité consommez-vous ?

Igname		Manioc		Arachide	
Bouilli	A ☐ B ☐ C ☐	Frais	A ☐ B ☐ C ☐	Frais	A ☐ B ☐ C ☐
Foutou	A ☐ B ☐ C ☐	Bouilli	A ☐ B ☐ C ☐	Bouillie	A ☐ B ☐ C ☐
Frite	A ☐ B ☐ C ☐	Foutou	A ☐ B ☐ C ☐	Grillé avec coques	A ☐ B ☐ C ☐
Braisée	A ☐ B ☐ C ☐	Attiéké	A ☐ B ☐ C ☐	Grillé sans coques	A ☐ B ☐ C ☐
		Placali	A ☐ B ☐ C ☐		

PHOTOGRAPHIES POUR ENQUETE

GRAINS D'ARACHIDE FRAIS	
Non décortiqués	Décortiqués
219,48 g	151,70 g
GRAINS D'ARACHIDE BOUILLIS	
122,90 g	94,67 g
GRAINS D'ARACHIDE GRILLES	
218,55	154,62
GRAINS D'ARACHIDE SECS	
189,83 g	130,30 g
	49,06 g Grains d'arachide grillés sans la coque

IGNAME			
Différentes portions d'igname braisée	100 g	300 g	450 g
Différentes portions d'igname frit	100 g	 300 g	400 g
Différentes portions d'igname bouillie	 450 g	 675 g	 900 g
Différentes portions de foutou d'igname	450 g	675 g	1125 g
MANIOC			
Différentes portions de placali	450 g	675 g	1125 g
Différentes portions d'attiéké	225 g	450 g	675 g
Portion de manioc bouilli	450 g		
Portion de foutou de manioc	450 g		

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 CARACTÉRISTIQUES DE LA POPULATION ENQUÊTÉE

Parmi les 400 personnes enquêtées, 177 étaient des hommes et 223 des femmes soit respectivement 44% et 56% de la population (Tableau 1). La majorité de cette population (58%) avait l'âge compris entre 18 et 39 ans. Aussi elle appartenait aux groupes ethniques des djiminis (34%), des tagbanas (25%), des senoufos (10%) et des étrangers (15%).

Tableau 1. Caractéristiques sociodémographiques de la population enquêtée

		Dabakala	Niakara	Total
Pourcentage des enquêtés		59 %	42 %	
Sexe	Féminin	53 %	60 %	56 %
	Masculin	47 %	40 %	44 %
Tranches d'âge	Non réponse	10 %	0 %	6 %
	Moins de 18 ans	9 %	11 %	10 %
	18 à 29 ans	26 %	25 %	26 %
	30 à 39 ans	29 %	34 %	32 %
	40 à 49 ans	13 %	14 %	14 %
	50 à 59 ans	6 %	8 %	7 %
	60 ans et plus	6 %	7 %	7 %
Ethnies	djimini	59 %	1 %	34 %
	tagbana	6 %	51%	25 %
	senoufo	2 %	19 %	10 %
	baoulé	5 %	4 %	5%
	étrangers	15%	14 %	15%
	malinké	5 %	9 %	7%
	lobi	4 %	2 %	3%
	koulango	3 %	0 %	2%
	bété	1 %	0 %	0%

L'igname, l'arachide et le manioc sont consommés par la plupart des personnes enquêtées avec des taux respectifs de 97%, 96% et 93% (Tableau 2). Cela signifie que la majeure partie de la population consomme l'igname, le manioc et l'arachide. La culture de ces différents produits vivriers est donc destinée en partie à la consommation locale. Par ailleurs, la consommation des aliments ne varie pas en fonction des villes car il n'existe pas de différence significative p> 0,05 (chi 2= 0,5, ddl = 2, 1-p = 20,9%).

Tableau 2. Répartition des enquêtés en fonction des aliments consommés et des villes

Villes / Aliments consommés	Niakara	Dabakala	TOTAL
igname	98 %	95 %	97 %
manioc	90 %	95 %	93 %
arachide	98 %	94%	96 %

3.2 CONSOMMATION DE L'IGNAME

L'analyse des données recueillies nous montre que l'igname est consommée sous plusieurs formes à savoir les formes bouillie, foutou, frite, braisée et autres (ragout et boulettes). Ces résultats sont en conformité avec ceux de [5], qui ont indiqué que les formes de préparation culinaire de l'igname fraîche généralement rencontrées en Côte d'Ivoire sont le *foutou* d'igname (forme pilée), l'igname bouillie, le ragoût d'igname, l'igname braisée et les frites d'igname. La forme foutou est la plus consommée suivie de la forme bouillie avec respectivement une proportion de 79 % et 57% des enquêtés. Le test de Chi 2 met en évidence l'existence de différences significatives en termes de formes culinaires d'igname consommées (Chi2 = 729,1, ddl = 6,1, 1-p= > 99,9%). Les consommateurs qui affirment apprécier le *foutou* d'igname sont plus nombreux que ceux qui aiment

l'igname bouillie. En effet, selon certains auteurs, le foutou est la forme culinaire de l'igname la plus appréciée en Afrique occidentale [6] et en Côte d'Ivoire [7].

Tableau 3. ***Répartition des consommateurs selon la forme culinaire d'igname***

formes culinaires de l'igname	Effectif	Intervalles de confiance (%)
bouillie	227	52 < 57 < 62
foutou	317	75 < 79 < 83
frite	82	17 < 21 < 24
braisée	32	5 < 8 < 11
autres	9	1 < 2 < 4
Non réponse	14	2< 4 < 5
TOTAL	400	

De manière générale, la consommation de l'igname sous toutes les formes est régulière au sein des consommateurs enquêtés. En effet, quelle que soit la forme culinaire, les résultats d'enquête montrent que l'igname est plus consommée à des fréquences d'au moins 1fois/jour et de 2 à 4 fois/semaine (fig.2). Pendant la saison des ignames, 45 % des consommateurs d'igname en mangent tous les jours.

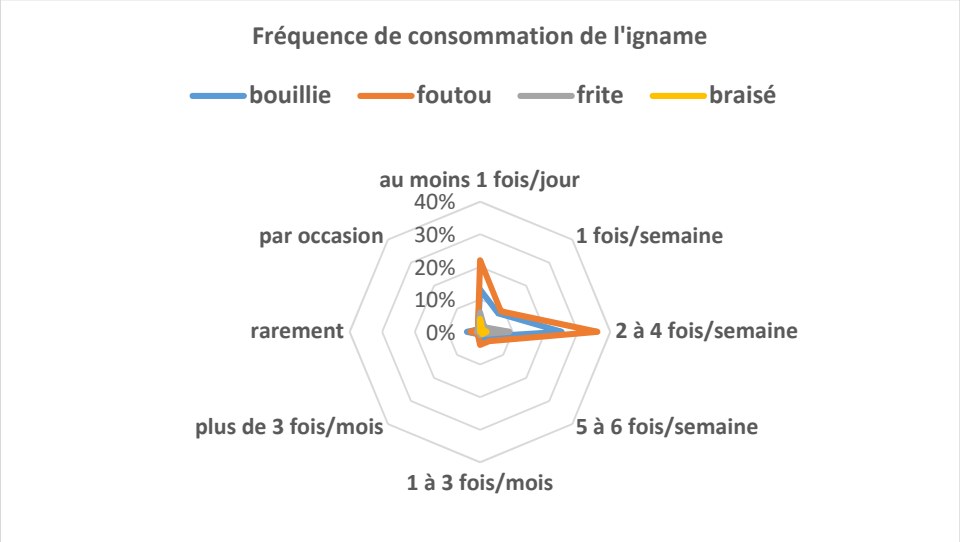


Fig. 2. ***Répartition des consommateurs d'igname en fonction des fréquences et des différentes formes culinaires***

La consommation moyenne de ces formes culinaires est de 297,0 ± 249,3 g/jour/ pers et 266,2 ± 224,2 g/jour/pers respectivement pour l'igname sous forme *foutou* et l'igname bouillie. Dans l'ensemble, la population enquêtée à une consommation d'igname de 265,3 g/jour/pers.

Tableau 4. ***Quantité moyenne par jour et par personne d'igname consommée selon les différentes formes culinaires***

	Quantité(g)/jour/personne			
Formes culinaires d'igname	**Minimum**	**Maximum**	**Moyenne**	**Ecart-type**
Bouillie	15,0	1350	266,2	224,2
Foutou	7,5	1125	297,0	249,3
Frite	3,3	1125,0	147,8	166,0
Braisée	5,0	700,0	240,1	170,7
Ensemble	3	1350	265,3	

3.3 CONSOMMATION DU MANIOC

A l'instar de l'igname, le manioc peut être consommé sous différentes formes notamment bouillie, *foutou, attiéké, placali* et autres (« *kokondé* », braisé et mélangé à de la banane pour le *foutou*). Ces différentes formes culinaires font partie des aliments à base de manioc largement consommés en Côte d'Ivoire [8], [9]. L'*attiéké* est la forme la plus consommée avec 86% des enquêtés suivi du *placali* (46%) des enquêtés. En effet certains auteurs révèlent que, l'*attiéké* est l'aliment à base de manioc le plus consommé en Côte d'Ivoire [10], [11]. Toutefois, l'analyse statistique montre l'existence d'une différence significative en termes de formes culinaires de manioc consommées (Chi2 = 898,6, ddl = 6, 1-p= > 99,9%).

Tableau 5. Répartition des consommateurs selon la forme culinaire du manioc

formes culinaires du manioc	Effectifs	Intervalles de confiance (%)
bouillie	33	6 < 8 < 11
foutou	5	0 < 1 < 2
attiéké	344	83 < 86 < 89
placali	184	41 < 46 < 51
autres	20	3 < 5 < 7
Non réponse	27	4< 7 < 9
TOTAL	400	

De manière générale, la consommation du manioc est régulière sous la forme *attiéké* au sein des consommateurs enquêtés. En effet, les résultats d'enquête montrent que cette forme culinaire est plus consommée à des fréquences d'au moins 1fois/jour et de 2 à 4 fois/semaine par plus de 50% des enquêtés (fig. 3). Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que l'*attiéké* est considéré comme un "fast-food" qui peut être consommé chaud ou froid [10]. Sa préparation ne prend pas assez de temps. De plus son prix abordable le rend accessible à toutes les bourses [12].

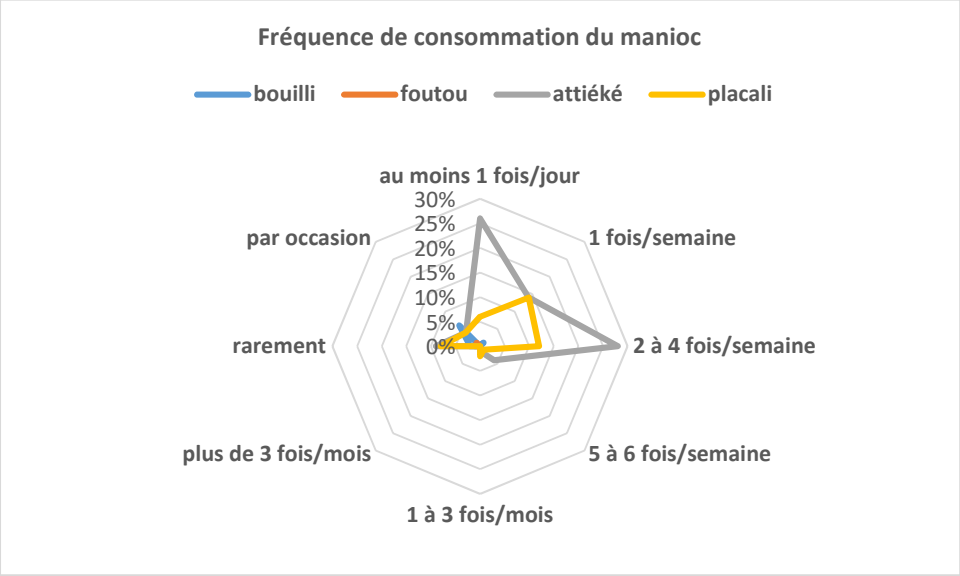


Fig. 3. Répartition des consommateurs de manioc en fonction des fréquences et des différentes formes culinaires

Les quantités moyennes d'*attiéké* et de *placali* consommées par jour et par enquêtés sont respectivement de 182,2 ±151 g et 231,6 ±236,8 g. La quantité moyenne d'*attiéké* consommée par jour et par personne obtenue au cours de l'enquête, est inférieure à celle trouvée par Yobouet en 2016 qui était de 296 ± 310 g/jour/personne au cours d'une enquête menée à Abidjan [13]. Cette différence pourrait être justifiée par le fait que la zone d'Abidjan constitue la plus forte zone de production et de consommation de l'*attiéké* [14]. Aussi, ce fait pourrait se justifier par le fait que l'*attiéké* est un met typique des peuples lagunaires qui en sont les grands consommateurs [3]. Dans l'ensemble, la population enquêtée à une consommation de manioc de 197,1 g /jour/pers.

Tableau 6. Quantité moyenne par jour et par personne de manioc consommée selon les différentes formes culinaires

	Quantité(g)/jour/personne			
Formes culinaires du manioc	**Minimum**	**Maximum**	**Moyenne**	**Ecart-type**
Bouillie	32,1	160,7	96,4	90,9
Foutou	64,3	64,3	64,3	0,0
Attiéké	15,0	675,0	182,1	151,0
Placali	15,0	1125,0	231,6	236,8
Ensemble	15	1125	197,1	

3.4 CONSOMMATION DE L'ARACHIDE

A l'issue de notre enquête, nous constatons que dans notre zone d'étude, l'arachide se consomme de diverses manières. Notamment en graines sous forme fraiche, bouillie, grillée avec la coque, sèche, grillée sans la coque, ou en pâte (sauce ou à tartiner). Les résultats indiquent que la sauce d'arachide est la forme la plus consommée suivie de l'arachide « grillée avec la coque » et de l'arachide « fraiche » dans des proportions respectives de 83%, 55% et 35% des enquêtés consommateurs d'arachide. Le test de Khi deux met en évidence l'existence de différences significatives en termes de formes culinaires d'arachide consommées (chi2 = 760,0, ddl = 7, 1-p = >99,9%). Cette forte consommation de l'arachide en sauce pourrait s'expliquer par le fait qu'elle est une spécialité du peuple malinké et que la pâte d'arachide intervient aussi dans la préparation d'autres sauces telles que la sauce « dah » (feuille d'oseille) qui est régulièrement consommée au nord de la Côte d'Ivoire [2].

Tableau 7. Répartition des consommateurs selon la forme culinaire de l'arachide

formes culinaires	**Effectifs**	**Intervalles de confiance (%)**
fraiche	139	30< 35 <39
bouillie	58	11 < 14 < 18
grillée avec la coque	219	50 < 55 < 60
sec	15	2 < 4 < 6
grillée sans la coque	31	5< 8 < 10
Autres (sauce d'arachide)	330	79 < 83 < 86
Non réponse	16	2< 4 < 6
TOTAL	400	

En général, la consommation des graines d'arachide est régulière sous les formes "fraiche" et "grillée avec la coque". En effet, les résultats montrent que ces deux formes sont plus consommées aux fréquences au moins une fois par jour et 2 à 4 fois par semaine. Pendant la période de forte disponibilité, les grains d'arachide sont beaucoup commercialisés sous ces formes, à des prix abordables, dans la rue par des vendeuses ambulantes ou non. Ils sont consommés comme grignotage.

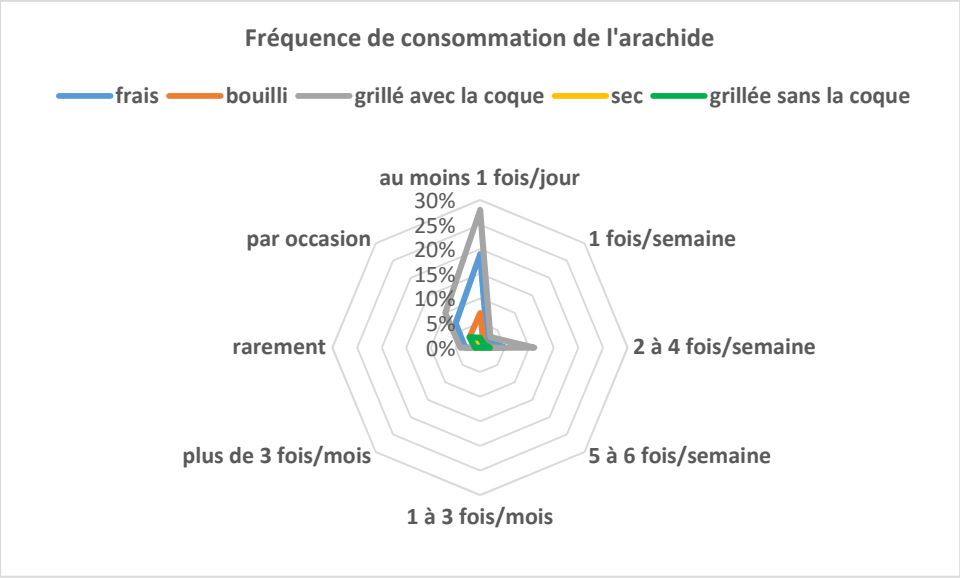


Fig. 4. Répartition des consommateurs d'arachide en fonction des fréquences et des différentes formes culinaires

Une personne consomme par jour en moyenne 158,3 ± 124,9 g et 170,6 ± 147,8 g respectivement d'arachide grillée avec la coque et d'arachide fraiche. Et dans l'ensemble, la consommation journalière d'arachide par personne est de 161 g/jour/pers.

Tableau 8. Quantité moyenne par jour et par personne d'arachide consommée selon les différentes formes culinaire

	Quantité(g)/jour/personne			
Formes culinaires de l'arachide	**Minimum**	**Maximum**	**Moyenne**	**Ecart-type**
Fraiche	10,8	755,4	170,6	147,8
Bouillie	22,5	630,6	170,3	169,9
Grillée avec la coque	7,4	618,5	158,3	124,9
Sec	150,0	600,0	330,0	195,6
Grillée sans la coque	2,3	49,1	22,1	14,7
Ensemble	2	755	161	

4 FACTEURS DE DIFFÉRENCIATION DE LA CONSOMMATION

4.1 DIFFÉRENCES SELON LE SEXE

Selon les produits et les formes culinaires, les niveaux de consommation diffèrent entre les hommes et les femmes (Tableau 7). La quantité d'aliments consommés par les hommes est supérieure à celle des femmes. Au niveau de la consommation de l'igname, une différence significative ($p<0,05$) n'est observée entre les deux sexes que dans le cas du foutou igname. Ce qui signifie que les hommes consomment plus le foutou igname que les femmes Concernant le manioc il n'y a pas de différence significative ($p>0,05$) entre les deux sexes quelle que soit la forme culinaire. Il existe une différence significative ($p<0,05$) entre les deux sexes au niveau des formes "bouillie" et "grillée avec coques" pour l'arachide.

Tableau 9. Quantité (g) de produits consommés selon le sexe et la forme culinaire

		Sexes		Résultats du Test de Fisher
Produits	Formes culinaires	Masculin	Féminin	1-p
Igname	Bouillie	290,3	249,8	80,3%
	Foutou	357,1	255,2	99,9%
	Frite	172,9	132,1	70,6%
	braisée	279,2	139,3	93,9%
Manioc	Bouillie	-	96,4	0,0%
	Foutou	-	64,3	0,0%
	Attiéké	191,3	175,4	62,3%
	Placali	271	210,5	84,6%
Arachide	Fraiche	194,2	143,6	92,4%
	Bouillie	238,5	129,9	96,1%
	Grillée avec coques	184,6	120,9	99,9%
	Sec	337,5	300	48,2%
	Grillée sans coques	25,1	15,4	70,8%

4.2 DIFFÉRENCES SELON L'ÂGE

La quantité de produits consommée par jour et par personne diffère d'une classe d'âge à l'autre. Au niveau de la consommation de l'igname, une différence significative ($p<0,05$) est observée avec la forme foutou, les personnes âgées de 40 à 60 ans et plus ont la consommation la plus forte qui est en moyenne de 373,6 g/jour/pers. La consommation du manioc diffère significativement ($p<0,05$) avec l'âge au niveau de la forme *attiéké*. La plus forte consommation journalière est observée avec la tranche d'âge de 18 à 29 ans. Ce résultat est en conformité avec ceux de Yobouet en 2016 [13] qui a trouvé que la tranche d'âge de 19 à 49 ans était la plus grande consommatrice d'*attiéké*. Concernant la consommation de l'arachide il n'y a pas de différence significative entre les tranches d'âge quelle que soit la forme culinaire. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que, d'une part, lorsque la sauce arachide est préparée dans les ménages, elle est à la portée de tous (la sauce arachide est appréciée par toutes les tranches d'âge sans distinction de sexe). Et d'autre part, les graines d'arachide sont aussi accessibles à tous du fait leur provenance des plantations familiales ou de leurs prix abordables dans le commerce.

5 CONCLUSION

Cette enquête de consommation s'est déroulée dans la région du "Hambol". Elle a été menée auprès de 400 personnes et a permis de qualifier et de quantifier les aliments à base d'igname, de manioc et d'arachide consommés par la population. Selon le produit vivrier, différentes formes étaient plus appréciées par la population, la forme bouillie et le foutou pour l'igname, l'attiéké pour le manioc et la forme bouillie et grillée avec la coque pour l'arachide. Ces différentes formes culinaires sont consommées régulièrement par la population. Cette consommation diffère pour certains aliments en fonction de l'âge et du sexe. Les fréquences de consommation confirment bien que les populations mangent ce qui est produit localement.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les consommateurs ainsi que les personnes ressources ayant apporté une contribution à l'amélioration de ce travail.

REFERENCES

[1] N'Dri D.Y. (2010). Potentialités nutritionn elles et antioxydantes de certaines plantes alimentaires spontanées et de quelques légumes et céréales cultivés en *C*ôte d'Ivoire*.* Università degli studi di parma facoltà di Agraria

[2] FAOstat. (2014). Food and Agriculture Organization Statistic of the United Nation, Rome, Italy. http://www.fao.org.

[3] Assanvo, J. B., Agbo, G. N., Behi, Y. E. N., Coulin, P., & Farah, Z. (2006). Microflora of traditional starter made from cassava for "attiéké" production in Dabou (Côte d'Ivoire). *Food Control*, *17*, 37–41. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.08.006

[4] Diarrassouba, D. (2018). Le manioc ivoirien : origine et expansion dans le reste du monde , du 16ème au 20ème siècle. *European Journal of Social Sciences Studies*, *2*(10), 48–62. https://doi.org/10.5281/zenodo.1161731

[5] Nindjin C., Konan G., Agbo N., Otokoré D., Bricas N., F. Z. et G. O. (2007). Les varietes d'igname (dioscoreaspp.) Rencontrees sur les marches en cote d'ivoire et leur preference culinaire. *Annales Des Sciences Agronomiques*, *9*(2). https://doi.org/10.4314/asab.v9i2.43231

[6] Dumont, R., & Marti, A. (1997). *Panorama sur l'igname: ressource millénaire et culture d'avenir*. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD).

[7] Mahyao, A. G. (2008). *Etude De L'Efficacite Du Systeme D'Approvisionnement Et De Distribution Des Ignames Precoces Kponan à Travers Le Circuit Bouna-Bondoukou-Abidjan En Cote D'Ivoire*. Retrieved from: http://www.researchgate.net/publication/230874557_Etude_de_l'Efficacite_du_Systeme_d'Approvisionnement_et_de_Distribution_des_Ignames_Precoces_Kponan_a_travers_le_Circuit_Bouna-Bondoukou-Abidjan_en_Cote_d'Ivoire/file/d912f5059d10ab6530.pdf

[8] Yéboué, K. H., Amoikon, K. E., Kouamé, K. G., & Kati-Coulibaly, S. (2017). Valeur nutritive et propriétés organoleptiques de l ' attiéké , de l ' attoukpou et du placali , trois mets à base de manioc , couramment consommés en Côte d ' Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, *113*, 11184–11191. https://doi.org/https://dx.doi.org/10.4314/jab.v113i1.7

[9] Zoumenou, V., Aboua, F., Gnakri, D., & Kamenan, A. (1999). Etude des caractéristiques physico-chimiques de certains plats traditionnels dérivés du manioc (foutou, placali et kokondé). *Tropicultura*, *3*, 120–126.

[10] Coulin, P., Farah, Z., Assanvo, J., Spillmann, H., & Puhan, Z. (2006). Characterisation of the microflora of attiéké, a fermented cassava product, during traditional small-scale preparation. *International Journal of Food Microbiology*, *106*(2), 131–136. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.06.012

[11] Kouamé, A. K., Djéni, T. N., N'Guessan, F. K., & Dje, M. K. (2013). Postprocessing microflora of commercial attieke (a fermented cassava product) produced in the south of Côte d'Ivoire. *Letters in Applied Microbiology*, *56*(1), 44–50. https://doi.org/10.1111/lam.12014

[12] Kouadio, A. A. (2013). Le Circuit De Distribution De L ' Attieke À Abidjan : Typologie De La Chaine De Transport Et Dynamisme Des Acteurs. *Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou*, *2*, 101–121.

[13] Yobouet, B. A. (2016). Contamination du lait cru et de l'attiéké vendus sur les marchés informels à Abidjan (Côte d'Ivoire) par le groupe Bacillus cereus et analyse des risques. Thèse de Doctorat, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire.

[14] Krabi, E. R., Assamoi, A. A., Ehon, A. F., Diawara, B., Niamké, L. S., & Thonart, P. (2015). Production d'attieke (couscous a base de manioc fermente) dans la ville d 'abidjan. *European Scientific Journal*, *11*(15), 277–292.

[15] Dally, T., Meite, A., Kouame, K. G., Bouafou, K. G. M., & Coulibali, K. S. (2010). Efficacité nutritionnelle de trois mets Ivoiriens : cabatoh à la sauce dah au nord ; foutou igname à la sauce gouagouassou au centre ; riz cuit à la sauce graine à l'ouest . *.J. Appl. Biosci.*, *33*, 2084–2090.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1794-1804
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

INVESTIGATIONS PHYTOCHIMIQUE ET ANTIOXYDANTE DE CINQ PLANTES MEDICINALES IVOIRIENNE UTILISEES CONTRE LA CARIE DENTAIRE

[PHYTOCHEMICAL AND ANTIOXIDANT INVESTIGATIONS OF FIVE IVOIRIAN MEDICINAL PLANTS USED AGAINST DENTAL CARIES]

Baudelaire Affi Kakou[1], Guy Roger Mida Kabran[1], Alain Hugues N'Guessan[1], Valery Kouadio Bohoussou[2], Anoubile Benie[1], Janat Akhanovna Mamyrbékova-Békro[1], and Yves-Alain Békro[1]

[1]Laboratoire de chimie Bio Organique et de substances naturelles(LCBOSN), Unité de Formation et de Recherche Sciences Fondamentales et Appliquées (UFR SFA), Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

[2]Laboratoire de thermodynamique et de physico-Chimie du milieu, UFR SFA, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The phytochemical investigation carried out on five medicinal plants of Ivory Coast, used in the traditional treatment of the tooth decay first focused on the research of their chemical composition. The latter has resulted in the demonstration of several biomolecules (sterols, flavonoids, tannins, etc.), which have signed a good antioxidant profile. In a second time, it was devoted to the quantification of certain phytophenols. The results of this work indicated variable and significant levels overall. The stems of *Ximenia americana* exhibited the best antioxidant activity, which activity is dependent on its total phenolic compound rich (8802.94 ± 298.54 µgEAG / g), total flavonoids (18.39 ± 0.87%) and condensed tannins (99,369 ± 1,485 µgECT / mg).

KEYWORDS: Phytochimistry, antioxidant activity, dental caries, medicinal plants, polyphenols, Ivory Coast.

RÉSUMÉ: L'investigation phytochimique menée sur cinq plantes médicinales de Côte d'ivoire, utilisées dans le traitement traditionnel de la carie dentaire a portée dans un premier temps sur la recherche de leur composition chimique. Cette dernière s'est soldée par la mise en évidence de plusieurs biomolécules (stérols, flavonoïdes, tanins, etc), lesquelles ont signé un bon profil antioxydant. Dans un second temps, elle a été consacrée à la quantification de certains phytophénols. Les résultats de ces travaux ont indiqué des teneurs variables et significatives dans l'ensemble. Les tiges de *Ximenia americana* ont exhibé la meilleure activité antioxydante, laquelle activité est tributaire de sa richesse en composé phénolique totaux (8802,94 ± 298,54 µgEAG/g), flavonoïdes totaux (18,39 ± 0,87%) et en tanins condensés (99,369 ± 1,485 µgECT/mg).

MOTS-CLEFS: Phytochimie, Activité antioxydante, carie dentaire, plantes médicinales, phytophénols, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La carie dentaire demeure un problème de santé publique, en raison de sa prévalence dans le monde **[1]**. Elle se présente comme une maladie infectieuse qui détruit les tissus durs de la dent **[2]**. Selon l'OMS, 60 à 90% des jeunes et presque tous les adultes ont été une fois victimes de la carie **[3]**. Elle touche particulièrement les populations des zones urbaines des pays en voie de développement. Ce fait est dû à l'émergence d'une classe moyenne de la population, dont les habitudes alimentaires

Corresponding Author: Baudelaire Affi Kakou

portent sur la consommation d'aliment riche en saccharose **[4].** Un constat pourrait être faite, au regard de la faible prévalence de cette pathologie au niveau des zones rurales, dans lesquelles, les centres de santé dentaire restent quasi-inexistants **[5].** En effet, pour garantir l'hygiène de leurs dents, les populations des zones rurales ont recours aux plantes. Cette pratique leur permettent de non seulement renforcer leur appareil bucco-dentaire, mais aussi de se protéger du stress oxydatif qui semble être à l'origine de nombreuses maladies **[6]**. Partant de ce constat, cinq plantes couramment utilisées contre les affections bucco-dentaires ont été recensées. Il s'agit de : *Flagellaria guineensis* (*Flagellariaceae), Griffonia simplicifolia (*Caesalpiniaceae*), Pycnanthus angolensis (Myristicaceae), Ximenia americana (*Olacaceae*), Zanthoxylum zanthoxyloides (Rutaceae)*. Celles-ci ont fait l'objet d'une investigation phytochimique et antioxydante, et ceux, dans le but de contribuer à la valorisation de la pharmacopée ivoirienne.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 ESPÈCES VÉGÉTALES

Le matériel végétal, est constitué de cinq plantes sélectionnées à partir d'une enquête ethnobotanique menée au sud de la Côte d'ivoire en 2015 auprès des naturothérapeutes. Les espèces végétales ont été identifiées à l'herbier du Centre National de Floristique (CNF) de Côte d'Ivoire. Les différents organes ont été récoltés (Tableau 1) et lavés à l'eau courante puis séchés sous climatisation permanente pendant deux semaines. Après séchage, les organes ont été pulvérisés à l'aide d'un broyeur électrique (Marque RETSCH, Type SM 100) afin d'obtenir des poudres fines, qui ont servi à la préparation des extraits.

Tableau 1. Indication sur les lieux et les périodes de récolte des organes des cinq plantes d'étude

Plantes étudiées	Organes utilisées	Abréviations	Lieux de récolte	Période de récolte
Flagellaria guineensis	Feuilles et Tiges	FGF et FGT	U.N.A	Juillet 2015
Griffonia simplicifola	Ecorce de tige	GS	Agboville*	Juillet 2015
Pycnanthus angolensis	Ecorce de tige	PA	Abidjan	Juillet 2015
Ximenia americana	Tige et écorce de racine	XT et XR	Toumodi*	Août 2015
Zanthoxylum zanthoxyloïdes	Ecorce de tige	ZZ	Toumodi*	Août 2015

U.N.A : Université Nangui Abrogoua (Abidjan/Côte d'Ivoire)
** : Villes de Côte d'Ivoire.*

2.2 EXTRACTION DES PHYTOCOMPOSÉS

15 g de poudre ont été macérées dans 100 ml de méthanol à 80% (v/v) (2× 24 h), sous agitation permanente. Après décantation puis distillation du méthanol, les extraits aqueux ont été épuisés successivement avec 3×20ml de solvant à polarité croissantes (hexane, dichlorométhane, acétate d'éthyle, *n*-butanol). Les extraits sélectifs obtenus ont servi pour réaliser le criblage phytochimique et le dépistage de l'activité antioxydante par CCM.

2.3 CRIBLAGE PHYTOCHIMIQUE

Le criblage phytochimique par CCM a été réalisé suivant les méthodes décrites par Ladiguina *et al* **[7],** Lagnika **[8],** et Mamyrbekova *et al.* **[9].** Les développants utilisés sont respectivement : les mélanges n-C_6H_{14}/AcOEt (20/2)(V/V) pour les extraits hexaniques ; n-C_6H_{14}/CH_2Cl_2/AcOEt/H_2O (4/20/4/0,2) (v/v/v/v) pour les extraits dichlorométhaniques ; n-C_6H_{14}/AcOEt/MeOH/ H_2O (0,2/18/0,6/0,2) (v/v/v/v) pour les extraits acétates éthyliques et AcOEt/ EtOH /AcOH/H_2O (20/2,4/0,8/0,2) (v/v/v/v) pour les extraits n-butanoliques.

La mise en évidence des stérols et des terpènes ont été réalisée à l'aide des réactifs de Godin de Liebermann Bürchard et de la vanilline sulfurique. Quant aux flavonoïdes, ils ont été révélés avec le réactif de Neu et le chlorure d'aluminium 1%. Le KOH à 5% et l'acétate de plomb basique à 5% ont servi à l'identification des coumarines. Enfin, la présence des tanins a été détectée à l'aide d'une solution de $FeCl_3$ à 2%.

2.4 DÉPISTAGE DU POUVOIR ANTIOXYDANT

Le dépistage du pouvoir antioxydant des extraits sélectifs sur CCM a été réalisé suivant les travaux de Takao et collaborateurs **[10]**, repris par Kabran **[11].**

2.5 DOSAGE DES COMPOSÉS PHÉNOLIQUES

2.5.1 ANALYSES STATISTIQUES

Les dosages ont été réalisés en trois lectures grâce au spectrophotomètre Shimadzu UV 1700. L'analyse statistique de toutes les données a été faite avec le logiciel XLstat 2014.

2.5.2 TENEUR EN PHÉNOLS TOTAUX

Les teneurs en phénols totaux ont été évaluées selon la méthode de Folin-Ciocalteu **[12],** repris par *Konan et al.,* **[13].**

2.5.3 TENEUR EN FLAVONOÏDES TOTAUX

Les teneurs en flavonoïdes totaux ont été estimées suivant les travaux de *Hariri et al* **[14**], repris par *N'Guessan et al* **[15].**

2.5.4 TENEUR EN TANINS CONDENSÉS

Le dosage des tanins condensés a été mené par spectrophotométrie à l'aide du $FeCl_3$ **[16], [17],** et repris par *Ouattara et al* **[18].**

2.6 EVALUATION DE L'ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE PAR SPECTROPHOTOMÉTRIE

La capacité de piégeage du radical DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) a été évaluée selon la méthode décrite par Blois **[19],** puis repris par kabran *et al* **[20].** Les résultats sont exprimés en pourcentage en utilisant la formule suivante:

$$I = [(A_b - A_e) / A_b] \times 100$$

où I: Pourcentage d'inhibition; A_b : Absorbance du contrôle négatif; A_e : Absorbance de l'échantillon.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 CRIBLAGE PHYTOCHIMIQUE

Les profils chromatographiques des différents extraits (FGF, FGT, GS, PA, XT, XR et ZZ) sont présentés par les figures ci-dessous.

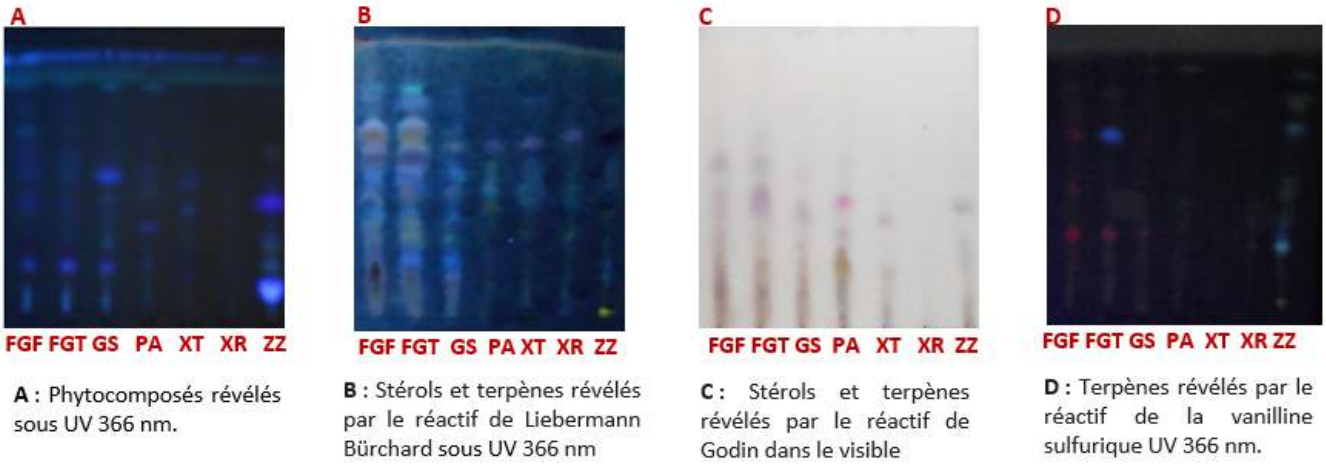


Fig. 1. Profils chromatographiques des extraits hexaniques

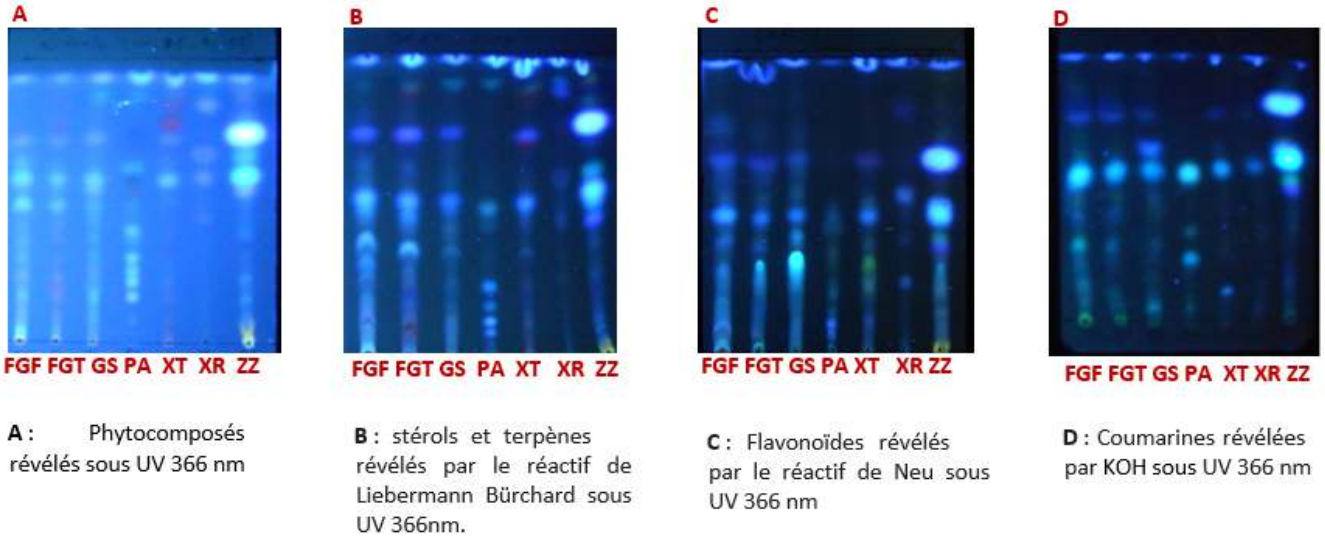


Fig. 2. Profils chromatographique des extraits Dichlorométhaniques

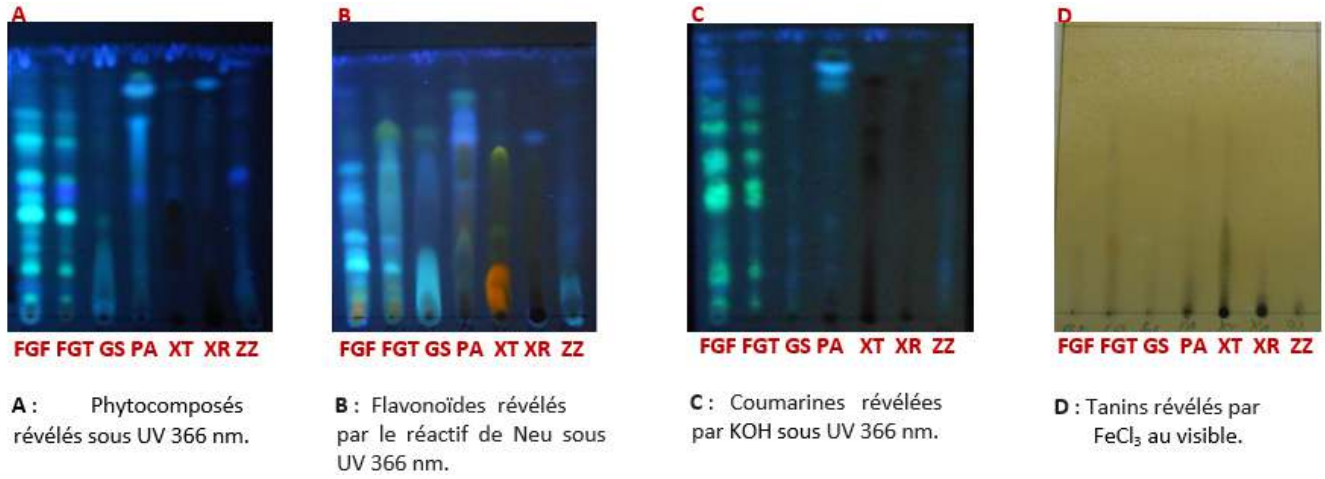


Fig. 3. Profils chromatographique des extraits Acétate Ethylique

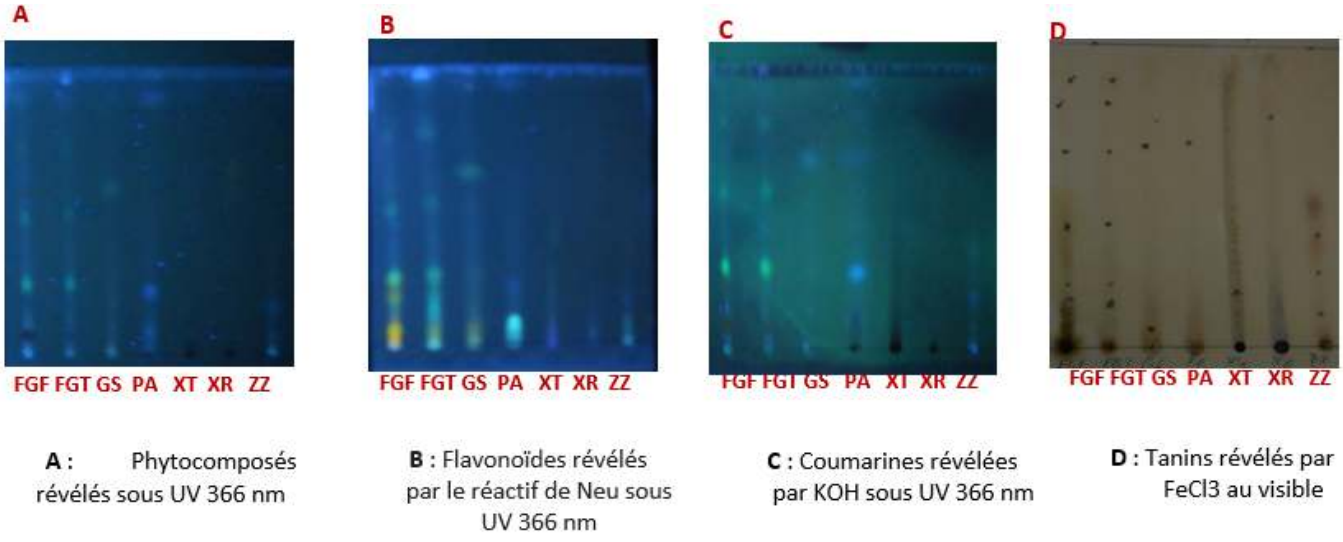


Fig. 4. Profils chromatographique des extraits N-Butanoliques

L'hexane a été utilisé pour l'extraction des stérols et terpènes (Figure 1). Les stérols sont révélés avec le réactif de Liebermann-Bürchard dans le visible en brun et vert ; en jaune et jaune-vert sous UV à 366 nm **[8]**. C'est le cas dans : FGF (Rf= 0,64 ; 0,71), FGT (Rf = 0,67), GS (Rf = 0,29). Quant au réactif de Godin, ils les révèlent en bleu, violet, brun (au visible) ou marron, brun sous UV/366 nm **[17].** Ce qui a été observé dans les extraits FGF (Rf =0,42; 0,52), FGT (Rf = 0,41; 0,52 ; 0,62), GS (Rf = 0,25; 0,37; 0,45), PA (Rf = 0,12; 0,40), XT (Rf = 0,16; 0,30), XR (Rf = 0,19; 0,25) et ZZ (Rf = 0,25; 0,37).

Les terpènes sont révélés par le réactif de Liebermann-Bürchard sous observation UV/366 nm en spots rouges pour ce qui est des triterpènes de type oléanane et ursanne **[9]**: FGF (Rf =0,06), FGT (Rf = 0,06; 0,14), et enfin en jaune orangé pour les triterpènes de type lupane **[9]:** FGF (Rf = 0,09 ; 0,19 ; 0,29 ; 0,44), FGT (Rf = 0,31 ; 0,45), GS (Rf = 0,06 ; 0,17 ; 0,37; 0.46; 0,61), PA (Rf = 0,07; 0,16 ; 0,30 ; 0,42; 0,50; 0,60), XT (Rf = 0,07; 0,19; 0,31; 0,41), XR (Rf = 0,07) et ZZ (Rf = 0,15 ; 0,40 ; 0,64) . De plus, les terpènes sont révélés par le réactif de la vanilline sulfurique sous forme de taches violet, rose, orange sous UV/366 nm **[21]:** FGF (Rf = 0,12; 0,25; 0,42; 0,62), FGT (Rf = 0,12; 0,26), GS (Rf = 0 ,15 ; 0,26), et ZZ (Rf = 0,25).

En somme, les plantes riches en terpènes sont : les feuilles de *Flagellaria guineensis* (FGF) suivi de ses tiges(FGT). Celles qui renferment, plus de stérols sont : les écorces de tige de *Griffonia simplicifolia* (GS) suivi des feuilles de *Flagellaria guineensis* (FGF). La présence de ces composés pourrait conférer de nombreuses propriétés aux plantes, dont les propriétés antibactériennes **[22].**

Outre, l'existence des stérols (FGF (Rf = 0,34), FGT (Rf = 0,34), GS (Rf = 0,41), et PA (Rf = 0,21; 0,55)) et des terpènes FGF (Rf = 0,19), FGT (Rf = 0,16; 0,87), GS (Rf = 0,81), XT (Rf = 0,81 ; 0,93), et ZZ (Rf = 0,19 ; 0,35 ; 0,46; 0,95)), les extraits dichlorométhaniques (Figure 2) ont permis de mettre en évidence les flavonoïdes et les coumarines. Ces dernières apparaissent en jaune dans le visible et leurs couleurs changent ou s'intensifient sous l'action d'une solution méthanolique de KOH à 5% (m/v) sous UV à 365 nm **[8].** Il s'agit de : FGF (Rf = 0,12; 0,27; 0,51), FGT (Rf = 0,06; 0,25; 0,54), GS (Rf = 0,56), PA (Rf = 0,22; 0,56), et ZZ (Rf = 0,57). Par ailleurs, certaines coumarines visualisées avec le réactif de KOH ont été confirmées par l'acétate de plomb basique en jaune dans le visible et en vert sous UV/366 nm **[8], [23].** Ceci concerne les rapports frontaux suivants : FGF (Rf = 0,16; 0,31; 0,54), FGT (Rf = 0,29 ; 0,52), GS (Rf = 0,52), PA (Rf = 0,22; 0,52), et ZZ (Rf = 0,56). Pour ce qui est de l'identification des flavonoïdes, les réactifs de Neu et du chlorure d'aluminium ($AlCl_3$) ont été utilisés. En effet, le réactif de Neu les révèle dans le visible sous forme de taches jaunes et marron et à l'UV 366 nm, ces couleurs s'intensifient et quelquefois se diversifient **[7].** Quant au chlorure d'aluminium ($AlCl_3$), il les présente dans le visible en jaune et sous UV à 366 nm, en des couleurs allant du bleu au brun **[8]** ou en jaune-vert **[7], [24].** C'est le cas respectivement dans : FGF (Rf = 0,36; 0,46), FGT (Rf = 0,29; 0,54), GS (Rf = 0,37; 0,57), PA (Rf = 0,10; 0,21; 0,45), XT (Rf = 0,21; 0,30; 0,46), et ZZ (Rf = 0,46)), puis dans : (FGF (Rf = 0,31; 0,54), FGT (Rf = 0,29 ; 0,52), GS (Rf = 0,34; 0,51), PA (Rf = 0,09 ; 0,21; 0,52), XT (Rf = 0,19 ; 0,29; 0,50), et ZZ (Rf = 0,51).

Nous remarquons, pour les différents extraits dichlorométhaniques, une présence manifeste de coumarines dans les feuilles et tiges de *Flagellaria guineensis* (FGF, FGT), et dans les écorces de tiges de *Pycnanthus angolensis* (PA), de flavonoïdes dans les tiges de *Ximenia americana*(XT), dans les écorces de tiges de *Griffonia simplicifolia*(GS), et dans les tiges de *Flagellaria guineensis* (FGT).

Enfin, les extraits acétates éthyliques (Figure 3) et n-butanoliques (Figure 4) ont servi à mettre en exergue : les coumarines dans les extraits acétates éthyliques : FGF (Rf = 0,05; 0,13; 0,41; 0,55; 0,66; 0,73; 0,80), FGT (Rf = 0,05; 0,18; 0,41; 0,46; 0,66; 0,75; 0,84), GS (Rf = 0,14 ; 0,26), PA (Rf = 0,17; 0,32; 0,80; 0,86) et ZZ (Rf = 0,15; 0,79)), puis dans les extraits n-butanoliques : (FGF (Rf = 0,15; 0,29 ; 0,54 ; 0,80), FGT (Rf = 0,29; 0,56; 0,813), GS (Rf = 0,66), PA (Rf = 0,29; 0,66) et ZZ (Rf = 0,20; 0,35)). Les flavonoïdes dans les extraits acétates éthyliques : FGF (Rf = 0,06; 0,20 ; 0,30; 0,45; 0,57), FGT (Rf = 0,06; 0,17; 0,30; 0,45; 0,54; 0,70), GS (Rf = 0,09; 0,15; 0,34; 0,67; 0,80), PA (Rf = 0,11; 0,55; 0,74; 0,81), XT (Rf = 0,44; 0,52; 0,65; 0,71), XR (Rf = 0,59; 0,65) et ZZ (Rf = 0,10 ; 0,29)), puis dans les extraits n-butanoliques : FGF (Rf = 0,07; 0,17; 0,29; 0,55; 0,76; 0,90), FGT (Rf = 0,10; 0,15; 0,42 ; 0,59; 0,82; 0,90), GS (Rf = 0,11; 0,22 ; 0,45; 0,64; 0,80; 0,90), PA (Rf = 0,17; 0,27; 0,59), XT (Rf = 0,20; 0,49; 0,65; 0,80; 0,87), XR (Rf = 0,50) et ZZ (Rf = 0,12 ; 0,22). Par ailleurs, l'identification des tanins dans les extraits acétates éthyliques et n-butanoliques a été possible grâce au chlorure de Fer ($FeCl_3$). En effet, il les révèle en gris ou en brun, dans le visible. Ce sont les spots suivants : FGF (Rf = 0,15), FGT (Rf = 0,11 ; 0,38 ; 0,50), GS (Rf = 0,01 ; 0,19), PA (Rf = 0,09; 0,12), XT (Rf = 0,37; 0,49; 0,79), XR (Rf = 0,12; 0,75) et ZZ (Rf = 0,12) pour les extraits acétates éthyliques. En ce qui concerne les extraits n-butanoliques, nous avons les spots suivants : FGF (Rf = 0,09; 0,15; 0,20; 0,39), FGT (Rf = 0,09; 0,17 ; 0,20), GS (Rf = 0,06), PA (Rf = 0,10 ; 0,30), XT (Rf = 0,09; 0,91), XR (Rf = 0,10 ; 0,37; 0,75) et ZZ (Rf = 0,34; 0,45).

En conclusion, les extraits acétates éthyliques et n-butanoliques sont riches en composés phénoliques notamment en flavonoïdes et en tanins.

Au terme de cette analyse, nous notons l'existence à des proportions variables de toutes les biomolécules recherchées dans l'ensemble des plantes étudiées. En outre, une présence remarquable de flavonoïdes, de coumarines, de tanins, est à souligner

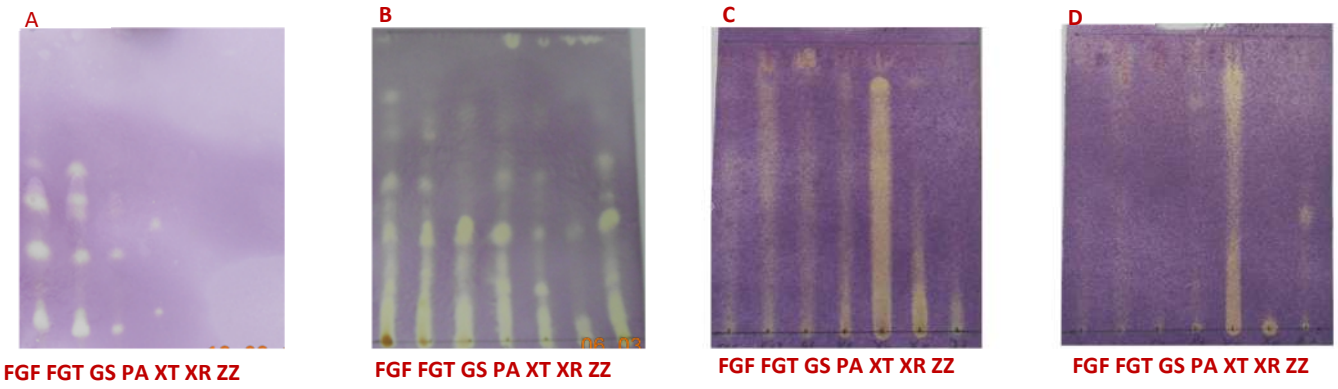
dans l'ensemble des plantes notamment dans: les feuilles de *Flagellaria guineensis, les écorces de tiges de Griffonia simplicifolia, et des tiges de Ximenia americana* pour les flavonoïdes, les feuilles et les tiges de *Flagellaria guineensis* pour les coumarines, et au niveau des tanins nous les avons dans les feuilles de *Flagellaria guineensis, les écorces de tiges de Griffonia simplicifolia, les écorces de tiges de Pycnanthus angolensis et des tiges de Ximenia americana*. Ces résultats obtenus sont en conformité avec ceux de Maikai *et al.,* et de Giurleo *et al.,* en ce qui concerne respectivement la richesse en flavonoïdes et en tanins dans la tige de *Ximenia americana* **[25]** et dans les feuilles de *Griffonia simplicifolia* (GS) **[26].**

Goueh *et al.,* ont également montré la présence de flavonoïdes et de tanins catéchiques dans *Pycnanthus angolensis* (PA) **[27]**. Par ailleurs, les travaux de Iqbal *et al.,* ont montré que *Flagellaria indica*, une autre variété de *Flagellaria* était riche en flavonoïdes et pauvre en tanins. Cette dernière information est contraire à nos résultats. Cela pourrait s'expliquer d'une part, par la différence d'espèces et d'autre part par le lieu de récolte **[28]**.

Ainsi, l'existence de ces composés bioactifs dans ces différents extraits pourrait justifier en grande partie les nombreuses vertus thérapeutiques de ces espèces végétales, notamment l'activité anti-carie **[29].**

3.2 ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE SUR CCM DES EXTRAITS SÉLECTIFS

Les activités antiradicalaires manifestées dans les différents extraits sont indiqués sur les chromatogrammes de la figure 5**.**



A : Profil chromatographique de l'activité antioxydante des extraits hexaniques

B : Profil chromatographique de l'activité antioxydante des extraits dichlorométhaniques

C : Profil chromatographique de l'activité antioxydante des extraits acétates éthyliques

D : Profil chromatographique de l'activité antioxydante des extraits n-butanoliques

Fig. 5. Profils chromatographiques de l'activité antioxydante sur CCM des extraits sélectifs

Au vu des différents profils chromatographiques de la Figure 5, nous notons une meilleure activité dans l'ensemble de la plupart des extraits dichlorométhaniques (figure 5 B) et acétates éthyliques (figure 5 C). Ces activités observées pourraient être l'œuvre d'une action synergique des phytocomposés que renferment lesdits extraits. Par ailleurs, les extraits hexaniques de *Flagellaria guineensis* ont manifesté une activité antioxydante non négligeable. En sus, l'extrait de tiges de *Ximenia americana* apparait comme le plus efficace, au regard de l'effet de ses extraits dichlométhaniques, acétate éthyliques et n-butanolique vis-à-vis du radial DPPH. Cela pourrait s'expliquer par la présence en quantité non négligeable de phytophénols tels que : les coumarines, flavonoïdes et les tanins.

Ainsi, les présents résultats pourraient apporter une réponse rationnelle à l'usage traditionnel de ces plantes contre diverses affections singulièrement la carie dentaire.

3.3 DOSAGE

3.3.1 DOSAGE DES COMPOSÉS PHÉNOLIQUES TOTAUX

Les différentes teneurs en phénols totaux sont représentées par la Figure 6. Un taux notable de phénols a été noté dans l'ensemble des plantes d'étude, avec des proportions allant de 1207,56 ± 52,50 à 8802,94 ± 132,12 µgEAG/g.

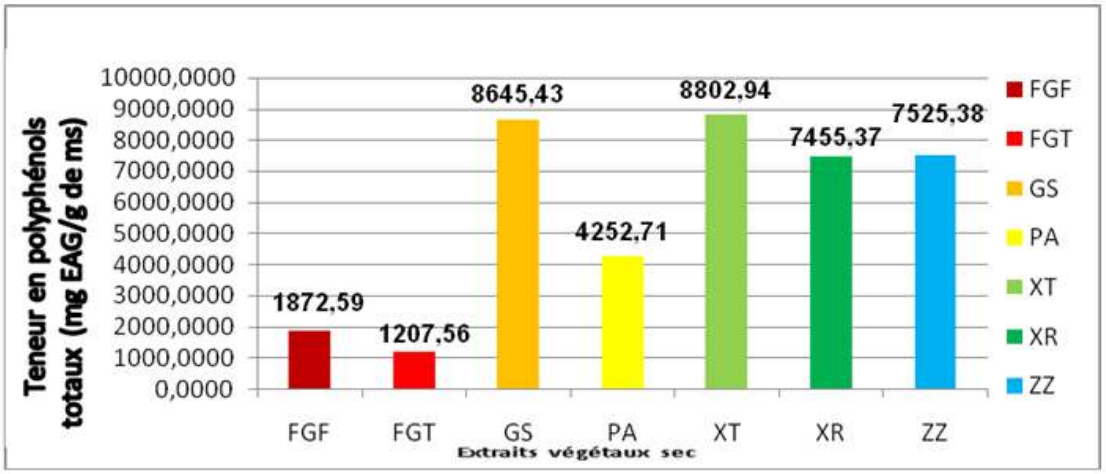


Fig. 6. Teneurs en polyphénols totaux (en µg éq. acide gallique par g de matière sèche)

Les tiges de *Ximenia americana* ont exhibé le meilleur taux (8802,94 ± 132,13 µg EAG/g), suivi des écorces de *Griffonia simplicifolia* (8645,43 ± 132,13 µg EAG/g) et de *Zanthoxylum zanthoxyloïdes* (7525,38 ± 132,13 µg EAG/g). Par contre, *Flagellaria guineensis* (1207,56 ± 52,50 µg EAG/g) en a signé la faible teneur. Des travaux antérieurs menés sur les écorces de racine de *Mezoneuron benthamianum* une Caesalpiniaceae a donné une teneur de 5473,5 µg EAG/g **[18]**. Cette valeur est légèrement inférieure à celle des écorces de tige de *Griffonia simplicifolia* (Caesalpiniaceae). Ces résultats traduisent la richesse en composés phénoliques des Caesalpiniaceae. Par ailleurs, des études menées sur les feuilles de *Ximenia americana* ont rapporté une teneur estimée à 11936,06 µg EAG/g **[20]**. Ce taux est, en effet, supérieur à celui de la tige (8802,94 µg EAG/g) et des racines (7455,37 µg EAG/g). Ce fait traduit la répartition inégale des biomolécules dans les organes des espèces végétales. Cette observation a été confirmée dans les travaux de Dif et *al.,* qui ont enregistré une variation significative de la teneur en composés phénoliques dans les différents organes de *Papaver rhoeas* **[30]**.

En définitive, la forte teneur en phytophénols obtenue pourrait conférer à ces espèces végétales un bon potentiel pharmacologique notamment contre la carie dentaire.

3.3.2 DOSAGE DES FLAVONOÏDES TOTAUX

L'évaluation des flavonoïdes contenus dans les végétaux utilisés dans le traitement traditionnel de la carie dentaire a révélé des taux remarquables dans l'ensemble (Figure 7).

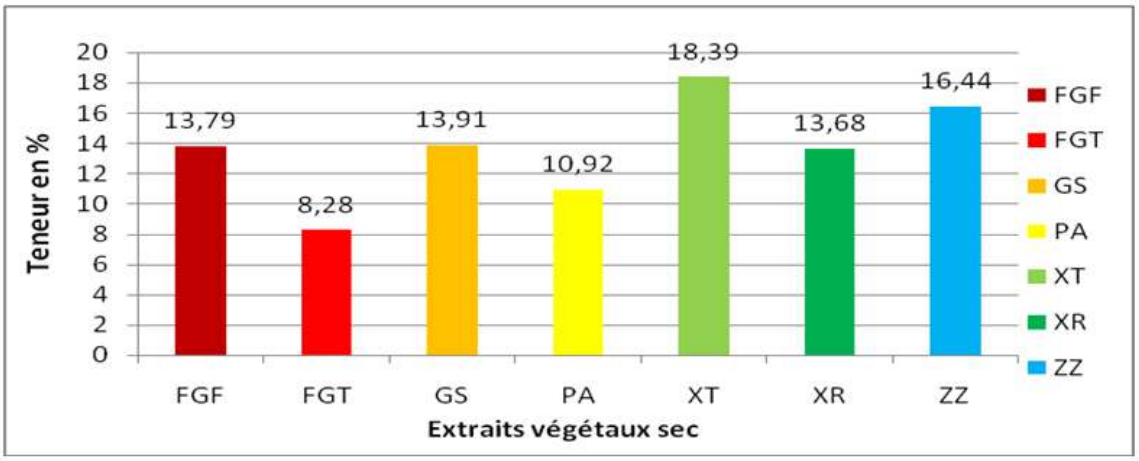


Fig. 7. Teneurs en flavonoïdes totaux dans les extraits FGF- ZZ

Les tiges de *Ximenia americana* (18,39 ±0,87 %) et les écorces de *Zanthoxylum zanthoxyloïdes* (16,44 ± 0,53 %) sont les plus riches en flavonoïdes, suivies des tiges de *Griffonia simplicifolia* (13,91 ± 0,53 %), des feuilles de *Flagellaria guineensis* (13,79 ± 0,34 %), des racines de *X. americana* (13,62 ± 0,20 %) et des écorces de tige de *Pycnanthus angolensis* (10,92 ± 0,40 %). Cette prépondérance en flavonoïdes justifie les teneurs obtenues lors du criblage phytochimique et du dosage des polyphénols. De ce fait, nous pouvons affirmer que la plupart des composés phénoliques issus de ces différentes plantes pourraient être en majeur partie des flavonoïdes. Partant de cette observation, nous pouvons attester que la présence de ces derniers pourrait annihiler les effets de *Streptococcus mutans,* l'agent pathogène responsable de la carie dentaire chez l'homme **[31], [32].** Par ailleurs, certaines études menées sur les feuilles de *X. americana* ont estimé à 10,02 %, la teneur en flavonoïdes totaux **[20]**, laquelle teneur est inférieure à celles des tiges et des racines de la même plante. Cette variabilité pourrait être liée aux stades physiologiques des différents organes **[33].**

3.3.3 DOSAGE DES TANINS CONDENSÉS

La figure 8 présente les teneurs en tanins condensés des cinq plantes étudiées.

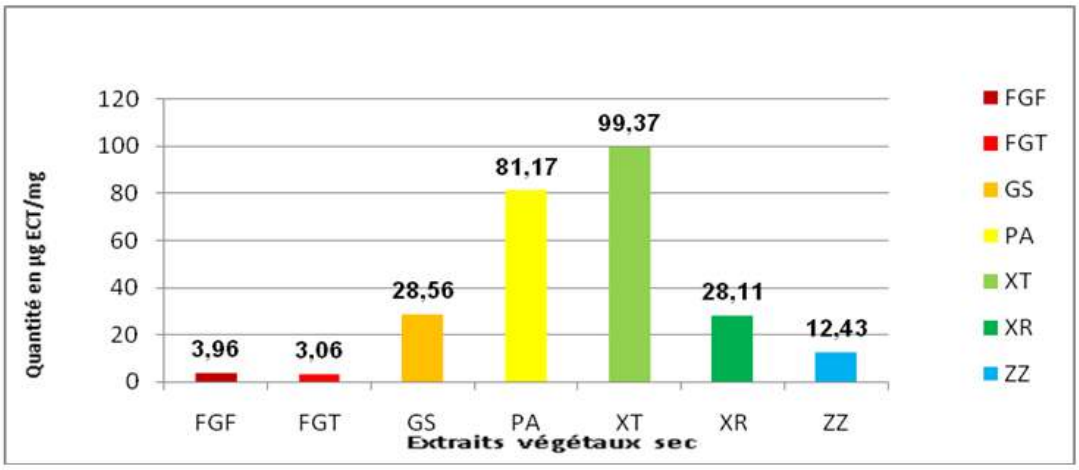


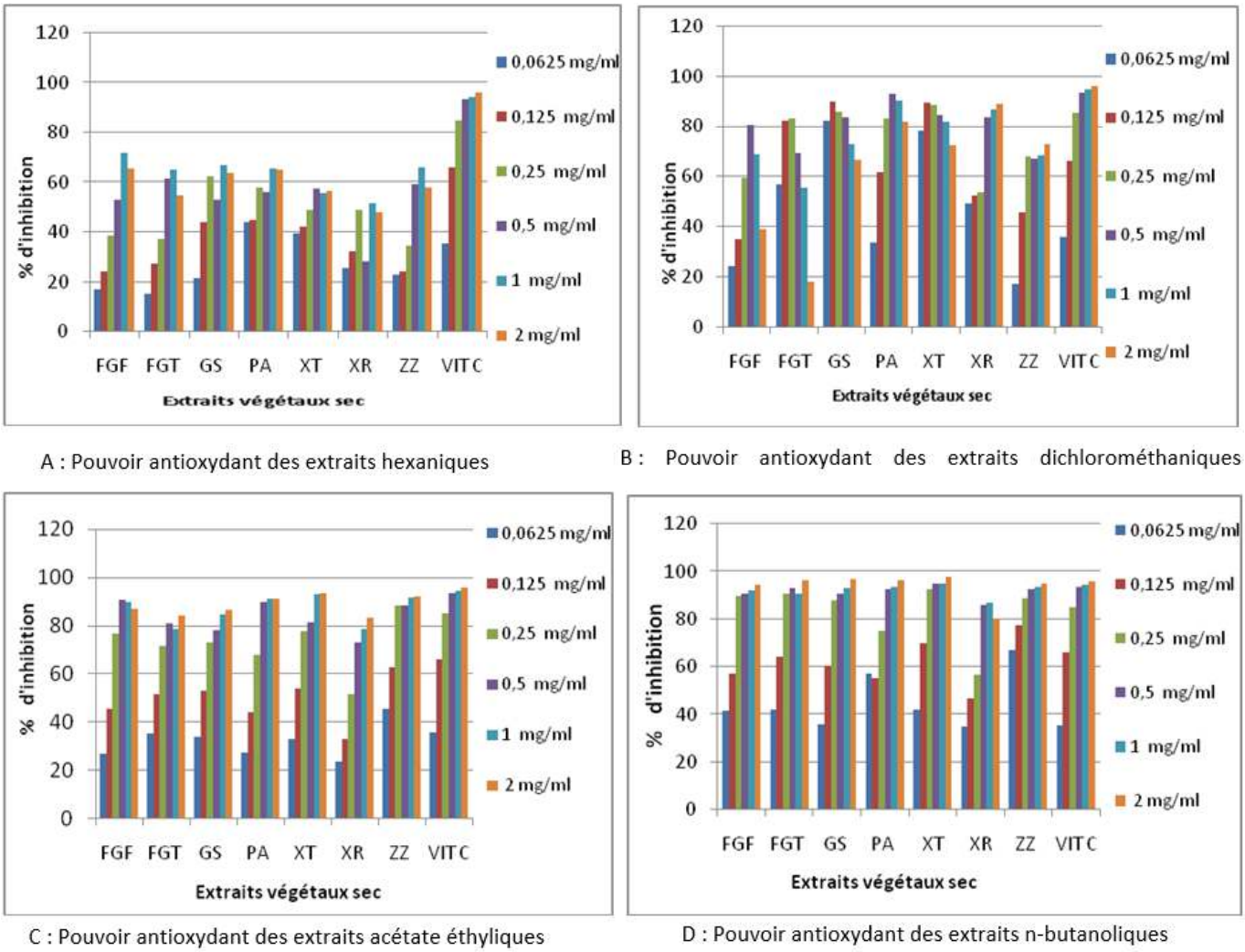
Fig. 8. Teneurs en Tanins totaux dans les extraits FGF- ZZ

Au regard des histogrammes, il ressort une richesse en tanins condensés de la part des tiges de *Ximenia americana* (99,37 ± 1,48 µgECT/mg) et des écorces de tige de *Pycnanthus angolensis* (81,17 ± 0,56 µgECT/mg). Par ailleurs, des valeurs moyennes ont été notées dans les écorces de *Griffonia simplicifolia* (28,56 ± 0,56 µgECT/mg), les racines de *Ximenia americana* (28,11 ± 0,47 µgECT/mg) et les écorces de *Zanthoxylum zanthoxyloïdes* (12,43 ±0,27 µgECT/mg). Nous notons, en revanche, de faibles

proportions dans les feuilles (3,96 ±0,16 µgECT/mg) et dans les tiges (3,06 ±0,16 µgECT/mg) de *Flagellaria guineensis*. La présence des tanins dans ces plantes avait été prédite lors des analyses qualitatives par CCM (Figures 3D et 4D). En effet, la présence de ces composés confèreraient aux plantes de nombreuses propriétés biologiques, telles que les propriétés antibactériennes **[34].**

3.3.4 EVALUATION DE L'ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE PAR SPECTROPHOTOMÉTRIE

Le dépistage qualitatif de l'activité antioxydante par CCM, mentionné sur la Figure 5, a été quantifié au moyen de la spectrophotométrie. Les différents histogrammes qui en découlent sont représentés par la Figure 9.



A : Pouvoir antioxydant des extraits hexaniques

B : Pouvoir antioxydant des extraits dichlorométhaniques

C : Pouvoir antioxydant des extraits acétate éthyliques

D : Pouvoir antioxydant des extraits n-butanoliques

Fig. 9. Diagrammes de l'évaluation du pouvoir antioxydant de chaque extrait

Au regard des histogrammes de la figure 9, nous constatons une capacité antiradicalaire non négligeable dans l'ensemble des extraits d'étude, comparativement à la vitamine C. Toutefois, les extraits hexaniques présentent une activité antioxydante modérée, avec des pourcentages d'inhibition n'excédant pas les 80% de radicaux libres réduits. Par ailleurs, les soupçons d'activités dépistées initialement sur CCM (Figure 5 A) chez *Flagellaria guineensis*, *Griffonia simplicifolia* et *Pycnanthus angolensis* ont été confirmés par spectrophotométrie avec des pourcentages d'inhibition qui tendent vers 70% de radicaux DPPH réduits. Ainsi, ces potentiels décelés pourraient être dus aux composés terpéniques et stéroïdiques, qui sont les plus abondants dans les extraits hexaniques. Quant aux autres extraits, nous observons pour toutes les plantes des capacités d'inhibition avoisinant les 90% pour les concentrations les plus élevées (2 et 1 mg/ml). Ces résultats sont donc en adéquation avec ceux obtenus lors du dépistage sur CCM (Figures 5 B, 5 C et 5 D). De plus, la présence en quantité significative des

phytophénols dans les extraits pourrait être à l'origine de ces activités. Ce constat a été confirmé par les travaux de *Silviya et al* **[35]**, qui ont indiqué qu'il existait une notion de proportionnalité entre la teneur en polyphénols des espèces végétales et leur capacité antiradicalaire.

En définitive, toutes les plantes d'étude ont exhibé une forte capacité de réduction du radical DPPH. Toutefois, les tiges de *Ximenia americana* ce sont montrées les plus actives.

4 CONCLUSION

Dans le but de contribuer à la recherche de moyen efficace et à moindre coût de lutter contre la carie dentaire, des investigations phytochimique et antioxydante ont été réalisées sur les espèces végétales couramment utilisées par les naturothérapeutes pour guérir cette affection. A ce titre, cinq plantes ont été sélectionnées. Elles ont subi un criblage phytochimique sur CCM, qui s'est soldé par la mise en évidence de plusieurs métabolites secondaires, au nombre desquels les composés phénoliques (flavonoïdes, coumarines et tanins) ce sont avérés les plus abondants. Cette constatation a été confirmée par l'étude quantitative de ces derniers. En plus, l'étude du potentiel antioxydant a indiqué dans l'ensemble un bon profil antioxydant, avec une mention spéciale pour les tiges de *Ximenia americana*. Ces résultats permettent de comprendre l'utilisation de ces plantes en médecine traditionnelle.

REFERENCES

[1] Poul E. P., Poursuivre l'amélioration de la santé bucco-dentaire au XXI siècle – l'approche du Programme OMS de santé bucco-dentaire, *Rapport sur la santé bucco-dentaire dans le monde.* : p. 48, 2003.
[2] Piette E., Goldberg M., La dent normale et pathologique De Boeck Supérieur, pp. 99-104, 2001.
[3] OMS., Stratégie régionale pour la santé bucco-dentaire 2016-2025 : combattre les affections bucco-dentaires dans le cadre de la lutte contre les maladies non transmissibles. AFR/RC66/5. p2, 2016.
[4] OMS., L'OMS publie un nouveau rapport 2004. http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2004/pr15/fr/. (8 mai 2018)
[5] Guinan j.c., Bakayoko-ly r., Samba m., Kattie a. L., Oka a.e., bilan carieux des enfants scolarises âgés de 12 ans en 1996 en Côte d'ivoire odonto-stomatologie tropicale - n°85, 1999.
[6] Favier A.; *L'actualité chimique* – novembre-décembre pp. 108–115, 2003.
[7] Ladyguina E., Safronitch L., Otriachenkova V., Bolandina I. et Grinkevitch N., Analyse chimique des plantes médicinales. *Edition Moska ; Vischaya Chkola,* pp. 46-347, 1983.
[8] Lagnika L., Etude photochimique et activité biologique de substances naturelles isolées de plantes béninoises ; *Thèse de doctorat* ; Université Louis Pasteur (Strasbourg/France): p. 268, 2005.
[9] Mamyrbékova-Békro J. A., Konan M.K., Békro Y-A., Djié Bi M.G., Zomi Bi T.J., Mambo V., Boua B.B., Phytocompounds of the extracts of four medicinal plants of Côte d'Ivoire and assessment of their potential antioxidant by thin layer chromatography; *European Journal of scientific Research*, 24(2):pp. 219-228, 2008.
[10] Takao T., Kitatami F., Watanabe N., Yagi A., Sakata K., Bioscience, Biotechnologie and Biochimistry 58: pp. 1780-1783, 1994.
[11] Kabran G. R. M., Ambeu N'ta c., Mamyrbekova-Bekro J. A., Bekro Y-A., CCM d'extraits sélectifs de 10 plantes utilisées dans le traitement traditionnel du cancer du sein en Côte d'Ivoire ; *European Journal of Scientific Research,* 63(4) : pp. 592-603, 2011.
[12] Singleton V.L., Ortofer R., Lamuela-Raventos R.M., Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Packer L (ed) Methods in enzymology Orlando Academic Press: pp. 152-178, 1999.
[13] Konan K., Etude chimique et évaluation de l'activité antioxydante de quatre plantes médicinales de Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université d'Abobo-Adjamé: p.112, 2010.
[14] Hariri E. B., Sallé G., Andary C., Involvement of flavonoids in the resistance of two poplar cultivars to mistletoe (Viscum album L.). Protoplasma: 162 (1): pp.20-26, 1991.
[15] N'guessan A.H.O., Dago D.C. E., Mamyrbekova-Bekro J.A., Bekro Y-A., Teneurs en composés phénoliques de 10 plantes médicinales employées dans la tradithérapie de l'hypertension artérielle, une pathologie émergente en Côte d'Ivoire. *Revue de génie industriel* 6, pp. 55-61, 2011.
[16] Broadhurst R.B., Jones W.T., Analysis of condensed tannins using acidified vanillin. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 29, pp.788-794, 1978.

[17] Heilmer D., Vigndini P., Dini MG., Vincieri F., Romani A., Antiradical activity and polyphenol composition of local Brassicaceae edible varieties. *Food chemistry* 99, pp. 464-469, 2006.
[18] Ouattara L. H., Kabran G. R. M., Kadja A. B., Tano M.B., Mamyrbekova-Bekro J. A., Bekro Y-A., Etude phytochimique et activite anti-oxydante d'extraits de plantes de côte d'ivoire utilisees dans le traitement traditionnel des hemorroïdes *ijias.issr-journals* vol. 15 ,no. 4, pp. 881-893, 2016.
[19] Blois M. S., Antioxidant determinations by the use of a stable free radical, Nature, 181: pp. 1199-1200, 1958.
[20] Kabran G. R. M., Ambeu N. C., Mamyrbékova-Békro J. A, and Békro Y-A. Phénols et Flavonoïdes Totaux Dans Les Extraits Organiques de Dix Plantes Utilisées Dans la Tradithérapie du Cancer du Sein en Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*. Vol.68, No.2, pp. 182-190, 2012.
[21] Benkiki N., Etude phytochimique des plantes médicinales algériennes : *Rutamontana, Marticaria pubecens* et *Hypercium perfoliatum*. Thèse de doctorat d'état. Université El Hadj Lakhar Batru (Algérie): p. 188, 2006.
[22] Chaudhari L.K.D., Jawale B.A., Sharma H., Mounesh Kumar C.D., Kulkarni P.A., Antimicrobial Activity of Commercially Available Essential Oils Against *Streptococcus mutans. J Contemp Dent Pract* ; 13(1) :pp. 71-74, 2012.
[23] Wagner H., Bladt S. et Zgainski E., Plant drug analysis, a thin-layer, chromatography atlas*. Springer Verlag, Berlin Heidlberg*, 2nd éd. New York: p. 320, 1996.
[24] Merck E., Révélateurs pour la chromatographie en couche mince et sur papier ; Darmstadt: pp. 12–153, 1980.
[25] Maikai V. A., Kobo P. I., and Maikai B. V. O., Antioxidant properties of *Ximenia americana African Journal of Biotechnology* Vol. 9(45), pp. 7744-7746, 2010.
[26] Giurleo D.J., A phytochemical exploration of *Griffonia simplicifolia* seeds and leaves by a thesis submitted to the graduate school-new brunswick rutgers, the state university of new jersey, pp. 119- 123, 2017.
[27] Goueh G., Béné K., Kiyinlma C., Etude botanique, screening phytochimique et activité anticandidosique *in vitro* de *Pycnanthus angolensis* (welw.) Warb. (myristicaceae) *European Scientific Journal*, vol.11, No.36 ISSN: pp.1857–7881, 2015.
[28] Iqbal M., Gnanaraj C., Muhammad D.S.A. T. M., Emdadul H., Phytochemical screening, antioxidant properties in various extracts from the leaves of *Flagellaria indica* l. From sabah, malaysia *int j pharm pharm sci, vol 7, issue 9, pp*. 510-512, 2015.
[29] Lekh R. J., Mahendra P. K., Tsutomu O., Theertham R., Green Tea Polyphenols: Nutraceuticals of Modern Life CRC Press, pp. 273-275, 2013.
[30] Dif, H. Benchiha, Z. Mehdadi, F. Benali-Toumi, M. Benyahia, K. Bouterfas. Étude quantitative des polyphénols dans les différents organes de l'espèce *Papaver rhoeas L*. Phytothérapie, p 1-6, 2015.
[31] Gupta A., Kalpana B., Mohita M., Effect of high-molecular-weight component of Cranberry on plaque and salivary *Streptococcus mutans* counts in children: An *in vivo* study, pp. 128-133, 2015.
[32] Mohsen H., Effects of green tea and its products on dental caries and periodontal diseases*: International Journal of Contemporary Dental and Medical Reviews*, Article ID 020516, p. 4, 2016.
[33] Middleton P., Stewart F., Al-Qahtani., Antioxidant, Antibacterial Activities and General Toxicity of *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior* and *Papaver rhoeas*. *Iran J Pharmaceut Res* 2: pp. 6-81, 2005.
[34] Bruneton J., Pharmacognosie, phytochimie plantes médicinal (4è édition) : p. 478, 2009.
[35] Silviya G., Lubomir B., George A., Caractérisation des vins bulgares par leur capacité antioxydante ; Institut de génie chimique ; Académie bulgare des sciences ; Acad. Bonchev St., Block 103, 1113 ; Sofia ; Bulgarie. *Revue de génie industriel 5* : pp. 124-132, 2010.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1805-1810
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Séroprévalence de la syphilis parmi les donneurs de sang dans une Zone de Santé Rurale au Nord-Est de la RD Congo (Isangi)

[Seroprevalence of syphilis among blood donors in a rural health zone in north-eastern DR Congo (Isangi)]

Jacques Ossinga Bassandja[1], Serge Tonen Wolyec[1-2], Kambale Maliro Jean-Bosco[3], Muyobela Kampunzu Véronique[4], Mopepe Gwendiza Jean[4], Batina Agasa Salomon[1], Camille-Rémy Atoba Bokele[1], Joris Losimba Likwela[5], and Charles Kayembe Tshilumba[1]

[1]Département de Médecine Interne, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université de Kisangani, RD Congo

[2]Département de Médecine Interne, Faculté de Médecine, Université de Bunia, RD Congo

[3]Faculté de Médecine, Université Catholique du Graben, RD Congo

[4]Département de Pédiatrie, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université de Kisangani, RD Congo

[5]Département de Santé Publique, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université de Kisangani, RD Congo

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

ABSTRACT: *Objective:* To determine the seroprevalence of syphilis among blood donors in a Rural Health Zone in north-eastern DR Congo (Isangi).
Methods: Cross-sectional study conducted in the Rural Health Zone of Isangi from January 1st, 2010 to December 31st, 2017 involving 814 blood donors.
Results: 814 blood donors were counted including 725 males (89%) and 89 females (11%), a sex ratio M / F of 8.14. The majority of blood donors were 17-25 years old (44%) and 25-35 years old (32%) with a mean age of 32.3 ± 8 years. Family blood donors were the majority (90%). The seroprevalence of syphilis was 1.7%. This seroprevalence was higher among young, male, living alone, family, illiterate and primary and non-professional blood donors. No epidemiological parameters studied were significantly associated with the seropositivity of the antibodies sought.
Conclusion: The seroprevalence of syphilis was low in blood donors in the Rural Health Zone of Isangi. This seroprevalence would be underestimated because of the use of a single rapid diagnostic test (RPR) in screening blood donors. The improvement of transfusion safety in the Rural Health Zone of Isangi should be directed towards the abandonment of the family donation, the promotion of the voluntary donation, the organization of the donors in "clubs" and their loyalty.

KEYWORDS: Seroprevalence, Syphilis, Blood donor, Isangi, DR Congo.

RESUME: *Objectif:* Déterminer la séroprévalence de la syphilis parmi les donneurs de sang dans une Zone de Santé Rurale au Nord-Est de la RD Congo (Isangi).
Méthodes: Etude transversale réalisée dans la Zone de Santé Rurale d'Isangi du 1er janvier 2010 au 31 décembre 2017 portant sur 814 donneurs de sang.
Résultats: 814 donneurs de sang ont été dénombrés dont 725 de sexe masculin (89%) et 89 de sexe féminin (11%) soit un sex ratio M/F de 8,14. La majorité des donneurs de sang avait un âge compris 17-25 ans (44%) et 25-35 ans (32%) avec un âge moyen de 32,3 ±8 ans. Les donneurs de sang familiaux étaient majoritaires (90%). La séroprévalence de la syphilis était de 1,7

Corresponding Author: Jacques Ossinga Bassandja

%. Cette séroprévalence était plus élevée chez les donneurs de sang jeunes, de sexe masculin, vivant seuls, familiaux, analphabètes et de niveau d'instruction primaire et sans profession. Aucun paramètre épidémiologique étudié n'avait été significativement associé à la séropositivité des anticorps recherchés.
Conclusion: La séroprévalence de la syphilis était faible chez les donneurs de sang à dans la Zone de Santé Rurale d'Isangi. Cette séroprévalence serait sous-estimée à cause de l'usage d'un seul test de diagnostic rapide (RPR) dans le dépistage des donneurs de sang. L'amélioration de la sécurité transfusionnelle dans la Zone de Santé Rurale d'Isangi devrait être orientée vers l'abandon du don familial, la promotion du don bénévole, l'organisation des donneurs en « clubs » et leur fidélisation.

MOTS-CLEFS: Séroprévalence, Syphilis, Donneur de sang, Isangi, RD Congo.

1 INTRODUCTION

Grâce aux transfusions sanguines, des millions de vie sont sauvées chaque année dans le monde [1]. En dépit du bénéfice apporté par la transfusion sanguine, cet acte n'est pas dénué de risques car chaque patient transfusé est susceptible de contracter une infection post-transfusionnelle d'origine virale, parasitaire ou bactérienne [2,3]. La syphilis est essentiellement une maladie sexuellement transmissible, mais peut être transmise par contact avec une muqueuse lésée et par transfusion sanguine [4]. En Afrique subsaharienne, les infections transmissibles par la transfusion sanguine comme la syphilis sont très répandues dans la population générale [5]. La prévalence de la syphilis peut atteindre 25% chez les donneurs de sang dans certains pays en voie de développement [6.].

En République Démocratique du Congo (RDC), peu d'études se sont intéressées à ce sujet en milieu rural. La plupart d'entre elles se sont déroulées en milieu urbain ([5], [7], [8]). Les facteurs de vulnérabilité paysanne propres aux milieux ruraux des pays pauvres et à ressources limitées sont nombreux et désavantageux : lieu de vie non sécurisé, style de commerce et sources de revenus non sûrs, travail moins rémunéré, pauvreté monétaire, accès limité aux services de base (instruction, soins, eau potable, loisirs), exposition aux disettes, disparités de santé, inégalités des sexes, exploitation des femmes,… Ces facteurs pourraient influer sur la transmission des agents infectieux dont Treponema pallidum dans la population d'Isangi en général et celle des donneurs de sang en particulier [9]. C'est pourquoi cette étude, la première dans notre milieu, se propose comme objectif de déterminer la séroprévalence de la syphilis dans la Zone de Santé Rurale d'Isangi, au Nord-Est de la RD Congo.

2 METHODES

Il s'agit d'une étude transversale réalisée dans la Zone de Santé Rurale d'Isangi (située au Nord-Est de la RDC) dans les structures sanitaires où se réalisent les transfusions sanguines (Hôpital Général de Référence d'Isangi, Centre de Santé de Référence de Lomboto et Centre de Santé de Référence d'Inera). Elle couvre la période allant du 1er Janvier 2010 au 31 Décembre 2017, soit 8 ans. Les informations ont été recueillies anonymement dans les fiches de collecte de sang et dans les registres du Centre Provincial de Transfusion Sanguine.

Les informations obtenues à l'anamnèse précédant le don et retenues comme variables dans la présente étude étaient les suivantes: âge, sexe, statut matrimonial, catégorie de donneurs, niveau d'instruction, profession (sans-emploi désigne les enquêtés n'ayant pas une source de rémunération régulière). La population d'étude était constituée de tous les donneurs ayant effectué un don de sang pendant la période d'étude. Ainsi, 814 sur 987 donneurs de sang dont les dossiers étaient exploitables ont été dénombrés. L'échantillon choisi était non probabiliste et exhaustif. Pour la détection des anticorps dirigés contre les substances lipoïdiques libérées par les cellules de l'hôte endommagées par Treponema pallidum, le test de Réagine Plasmatique Rapide (RPR) a été utilisé. Les informations recueillies relatives aux paramètres étudiés ont été regroupées et présentées à travers des tableaux de fréquence. Le test du chi carré a été utilisé pour la comparaison des proportions à un seuil de signification de 5%. Lorsque les conditions d'application du chi carré n'étaient pas satisfaites, le test exact de Fisher a été utilisé. Les données ont été analysées à l'aide du logiciel Stata version 12.0.

3 RESULTATS

Le tableau I illustre les caractéristiques sociodémographiques des donneurs de sang de la Zone de Santé Rurale d'Isangi.

Tableau 1. Caractéristiques sociodémographiques des donneurs de sang de la Zone de Santé Rurale d'Isangi.

Caractéristiques sociodémographiques	N=814 n(%)
Age (ans)	
17-25	358 (44)
26-35	260 (32)
36-45	179 (22)
>45	17 (2)
Sexe	
Masculin	725 (89)
Féminin	89 (11)
Statut matrimonial	
Vit avec conjoint	213 (26,2)
Vit seul	601 (73,8)
Catégorie de donneurs	
Familiaux	732 (90)
Bénévoles	82 (10)
Niveau d'instruction	
Aucun et primaire	122 (15)
Secondaire	618 (76)
Supérieur	74 (9)
Profession	
Sans profession	553 (67,9)
Avec profession	261 (32,1)

La majorité des donneurs de sang étaient jeunes (âgés de 17 à 25 ans) avec un âge moyen de 32,3 ±8 ans, de sexe masculin, vivant seuls, familiaux, de niveau d'étude secondaire et constituée de sans emploi.

Le tableau II montre la séroprévalence de la syphilis chez les donneurs de sang de la Zone de Santé Rurale d'Isangi.

Tableau 2. Séroprévalence de la syphilis chez les donneurs de sang de la Zone de Santé Rurale d'Isangi.

RPR	n	%
Négatif	800	98,3
Positif	14	1,7
Total	814	100

Sur 814 donneurs de sang, 14 étaient positifs au test RPR, soit 1,7%.

Le tableau III présente la séroprévalence de la syphilis en fonction des caractéristiques sociodémographiques des donneurs de sang de la Zone de Santé Rurale d'Isangi.

Tableau 3. Séroprévalence de la syphilis en fonction des caractéristiques sociodémographiques des donneurs de sang de la Zone de Santé Rurale d'Isangi.

Caractéristiques sociodémographiques	Total	RPR positif n (%)	p-val
Age			0,404
17-25 ans	358	9 (2,5)	
26-35 ans	260	4 (1,5)	
36-45 ans	179	1 (0,5)	
>45 ans	17	0 (0)	
Sexe			0,50
Masculin	725	13 (1,8)	
Féminin	89	1 (1,1)	
Statut matrimonial			0,307
Vit avec conjoint	213	2 (0,9)	
Vit seul	601	12 (2)	
Catégories de donneurs			0,713
Familiaux	732	13 (1,7)	
Bénévoles	84	1 (1,2)	
Niveau d'instruction			0,218
Aucun et primaire	122	4 (3,3)	
Secondaire	618	10 (1,6)	
Supérieur	74	0 (0)	
Profession			0,473
Avec profession	553	6 (1)	
Sans profession	261	8 (3)	

La séroprévalence de la syphilis était plus élevée chez les donneurs de sang jeunes (17 à 25 ans), de sexe masculin, vivant seuls, familiaux, analphabètes et de niveau d'instruction primaire et sans profession. Aucun paramètre épidémiologique étudié n'avait été significativement associé à la séropositivité des anticorps recherchés.

4 DISCUSSION

Dans la présente étude, la séroprévalence de la syphilis était de 1,7%. Selon plusieurs données de la littérature, la séroprévalence de la syphilis chez les donneurs de sang varie considérablement d'une région du monde à l'autre, et même dans un même pays, d'une province à l'autre. Elle est par exemple de 0,2% chez les donneurs nigérians et de 22,8% chez les donneurs camerounais ([10],[11]). Les principales sources de variations de la séroprévalence sont d'une part les habitudes sexuelles, les pratiques matrimoniales, l'utilisation des drogues par voie intraveineuse, l'accessibilité aux soins de santé, la taille des échantillons au cours des enquêtes et les critères de sélection des donneurs [12]. D'autre part, les différences de sensibilité et de spécificité des tests de laboratoire utilisés lors des études peuvent aussi expliquer cette situation. Dans la présente étude, le RPR a été l'unique test utilisé sans une deuxième confirmation diagnostique à l'aide d'équipements adéquats (automates, chaines d'ELISA, PCR, DGV) comme cela se fait généralement dans les milieux urbains africains [13]. Mais ces équipements de 3ème ou de 4ème génération pour la qualification biologique du sang manquent souvent dans les milieux ruraux en Afrique subsaharienne. Par contre, Abdalla et coll ont recouru au VDRL au Kenya [14], Adjei et coll au VDRL et au TPHA au Ghana [15].

Les donneurs de sang âgés de 17 à 25 ans étaient les plus concernés. Un résultat similaire a été trouvé par Nzaji et coll à Kamina [16] et par Ossinga et coll à Kisangani en RD Congo [17]. Mais dans l'étude menée par Tessema et coll, la séroprévalence de la syphilis a prévalu chez les donneurs de sang éthiopiens âgés de 26 à 35 ans [18]. La tranche d'âge la plus affectée dans notre série est celle des sujets sexuellement actifs avec des pratiques sexuelles parfois à risque. Ces rapports sexuels qui sont souvent multiples, occasionnels et non protégés constitueraient une voie prépondérante de transmission de la syphilis dans la population [19].

La prévalence de la syphilis était plus élevée chez les donneurs de sexe masculin que ceux de sexe féminin. Ce résultat est comparable de celui trouvé par Olokoba et coll au Nigeria [12] et par Tessema et coll en Ethiopie [18]. Ceci s'explique entre autre par l'influence des facteurs obstétricaux limitant le don de sang chez les sujets féminins (grossesse, allaitement depuis

moins de 6 mois), réduisant ainsi le nombre de candidats donneurs de sang de sexe féminin [20]. L'effet direct de la prédominance des sujets masculins dans l'échantillon en est une autre raison.

Quant au statut marital, notre résultat est similaire à celui de Li et coll en Chine où les donneurs de sang vivant seuls étaient plus affectés par la syphilis que les mariés [21]. Quoique la séroprévalence de la syphilis ne soit statistiquement lié au statut marital, nous pensons que les donneurs vivant seuls auraient un comportement sexuel à risque et donc plus exposés aux infections sexuellement transmissibles par rapport aux sujets vivant avec conjoint.

Les donneurs familiaux ont une prévalence de la syphilis plus élevée que les donneurs de sang bénévoles. Le même constat a été fait chez les donneurs de sang congolais [5] et camerounais [22]. Malgré les efforts de l'Organisation Mondiale de la Santé pour harmoniser les politiques transfusionnelles en Afrique, en préconisant par exemple le recours exclusif aux donneurs de sang bénévoles non rémunérés, la majorité des donneurs de sang en Afrique subsaharienne demeure des donneurs familiaux qui représentent plus de 80-85% des donneurs de sang [23, 24]. Certaines études en Afrique montrent que cette catégorie des donneurs de sang présente un risque infectieux plus élevé que d'autres ([5], [25], [26]).

La méconnaissance des moyens de prévention et des modes de transmission de la syphilis pourrait justifier une forte prévalence chez les donneurs de sang sans niveau d'instruction et du niveau primaire.

5 CONCLUSION

Il apparait dans cette étude que la séroprévalence de la syphilis était faible chez les donneurs de sang à dans la Zone de Santé Rurale d'Isangi. Cette séroprévalence serait sous-estimée à cause de l'usage d'un seul test de diagnostic rapide (RPR) dans la qualification biologique des dons de sang. Un accent particulier doit être mis dans le choix plus judicieux de ces tests de diagnostic rapide en milieu rural. L'amélioration de la sécurité transfusionnelle dans la Zone de Santé Rurale d'Isangi devrait être orientée vers l'abandon du don familial, la promotion du don bénévole, l'organisation des donneurs en « clubs » et leur fidélisation.

REFERENCES

[1] OMS, Rapport sur la sécurité transfusionnelle dans le monde, 2001.
[2] Neila BR, Héla B, Sonia M, Adel K. Sécurité transfusionnelle, Etat des lieux. La Tunisie Médicale, 2012; 90 (5): 357 – 361.
[3] Tagny CT, Mbanya D, Tapko JB, Lefrere JJ. Blood safety in sub-Saharan Africa: a multi-factorial problem. Transfusion. 2008; 48 (6): 1256-61. PubMed | Google Scholar.
[4] Organisation Mondiale de la Santé. L'utilisation clinique du sang en Médecine interne, Obstétrique, Pédiatrie, Chirurgie et anesthésiologie, Traumatologie et soins aux brûlés.
Consulté le 10 Novembre 2014 sur : www.who.int/bloodsafety/clinical_use/Manual_F.pdf?ua=1.
[5] Batina A, Kabemba S, Malengela R. Marqueurs infectieux chez les donneurs de sang en République Démocratique du Congo.Rev Med Brux 2007 ; 28 : 145-9.
[6] Tayou TC. Syphilis and blood safety in Developping countries in syphilis – Recognition, Decription and Diagnosis, Dr. Neuza Satomi Sato (Ed.), ISBN: 978-953-307-554-9, In Tech, 2011.
Accessible sur: http://www.intechopen.com/books/syphilis-recognition-description-and-diagnosis/syphilis-and-blood-safety-indeveloping-countries.
[7] Kakisingi NC, Mukuku O, Kapend MS, Muteya MM, Kabila KV, Ilunga KE et coll. Profil épidémiologique et séroprévalence des donneurs de sang aux cliniques universitaires de Lubumbashi, République Démocratique du Congo. Pan African Medical Journal. 2016; 23:175.
[8] Abdala KA, Shindano ME, Maindo AM, Batina AS. Problématique sur la sécurité transfusionnelle à l'hôpital général de référence de Kindu, RDC Kis Med Juillet 2016, Vol 7(1) : 265-268.
[9] Gentilini M, Caumes E, Danis M, Richard-Lenoble D, Bégué P, Touze J-E et coll. Médecine tropicale. 6ème édition Médecine Sciences, Lavoisier, Paris, 2012.
[10] Erhabor O, Nwoka E, Adias TC. Seroprevalence of treponema pallidum infection among blood donors in a ressource poor setting in the Niger Delta of Nigeria. Africa Sanguine, 2007 ; 10 (1) : 19-21.
[11] Koanga Mogtomo ML, Louandji Fomekong S, Fotso Kuate H, Ngono Ngane A. Détection des agents infectieux dans les banques de sang de Douala (1995-2004). Cahiers Santé, 2009 ; 19 (1) : 3-8.
[12] Olokoba AB, Olokoba LB, Salawu FK, Danburam A, Desalu OO, Badung LH et al. Syphilis in Voluntary Blood Donors in North-Eastern, Nigeria. European Journal of Scientific Research, 2009 (3):335-340.

[13] Tonda J, Mickala P, Mombo LE, Etho MJC, Mongo-Délis A, Mbacky K, M'batchi B et coll. Séroprévalence du virus de l'immunodéficience humaine, des virus des hépatites B et C et de Treponema pallidum chez les donneurs de sang dans une zone rurale au sud-est Gabon. Journal of Applied Biosciences 110: 10783-10789.
[14] Abdalla F, Mwanda O, RanaW. Comparing walk-in and call-responsive donors in a national and a private hospital in Nairobi. East African Medical Journal, 2005, 82(10):532-536.
[15] Adjei A, Kudzi W, Armah H, Adiku T. Prevalence of antibodies to syphilis among blood donors in Accra, Ghana. J Infect Dis 2003; 56: 165-167.
[16] Nzaji MK, Ilunga BK. A study of the prevalence of infectious markers in blood donors in rural areas. The case of Kamina hospital. Sante Publique.2013; 25(2):213-7.
[17] Ossinga BJ, Mbongo BC, Lufimbo KA, Batina AS, Losimba LJ. Séroprévalence de la syphilis chez les donneurs bénévoles de sang à Kisangani, RDC, Kis Med Décembre 2014, Vol 5(2) :82-85.
[18] Tessema B, Yismaw G, Kassau A, Amsalu A, Mulu A, Emmrich F and al. Seroprevalence of HIV, HBV, HCV and syphilis infections among blood donors at Gondar University teaching hospital: Northwest Ethiopa: declining trends over a period of five years. BMC Infect Dis. 2010; 10 (1): 111.PubMed |Google Scholar.
[19] Enquête par grappes à indicateurs multiples MICS, Ministère de la Santé, RDC, 2010.
[20] Tagny CT, Owusu-Ofori, Mbanya D, et al. The blood donor in sub-Saharan Africa: a review. Transfus Med, 2010; 20: 1-10.
[21] Li C, Xiao X, Yin H, He M, Dai Y, Fu Y et coll. Prevalence and prevalence trends of transmissible infections among blood donors at four Chinese regional blood centers between 2000 and 2010. Journal of Translational Medicine 2012, 10: 116.
[22] Noubiap JJ, Joko WY, Nansseu JR, Tene UG, Siaka C. Sero-epidemiology of human immunodeficiency virus, hepatitis B and C viruses, and syphilis infections among first-time blood donors in Edéa, Cameroon. International Journal of Infectious diseases. 2013; 17 (10): 832-7. PubMed | Google Scholar.
[23] Allain JP, 2011. Moving on from voluntary non-remunerated donors: who is the best donor? Br Haematol 154: 763-769.
[24] Tagny CT, 2012. The current need for family and replacement donation in sub- Saharian Africa should not hide the difficulties of its management. Transfus Med 22:298-299.
[25] Koné MC, Sidibé ET, Mallé KK, Beye SA, Lurton G, Dao S et coll. Séroprévalence des virus de l'immunodéficience humaine et des hépatites B et C chez les donneurs de sang à Ségou (Mali). Médecine et Santé Tropicales, Vol. 22, N8 1 - janvier-février-mars 2012.
[26] Namululi BA, Guerrieri C, Dramaix M. Impact du mode de recrutement des donneurs de sang sur la prévalence du VIH et du VHB à Bukavu, République démocratique du Congo. Médecine et Santé Tropicales 2012 ; 22 : 69-74.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1811-1818
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Séroprévalence des marqueurs viraux sur les dons du sang dans une zone de santé rurale au Nord-Est de la RD Congo (Isangi)

[Seroprevalence of viral markers on blood donations in a rural health area in northeastern DR Congo (Isangi)]

Jacques Ossinga Bassandja[1], François Lusamaki Mukunda[2], Gaspard Mande Bukaka[3], Kabongo Mbamukonka Patrice[4], Serge Tonen Wolyec[4], Camille-Rémy Atoba Bokele[1], Jean Paulin Mbo Mukonkole[1], Joris Losimba Likwela[5], Tsongo Kibendelwa Zaccahrie[1], Salomon Batina Agasa[1], Charles Kayembe Tshilumba[1]

[1]Département de Médecine Interne, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université de Kisangani, RD Congo

[2]Département de Nutrition Humaine, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université de Kisangani, RD Congo

[3]Département de Pédiatrie, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université de Kisangani, RD Congo

[4]Département de Médecine Interne, Faculté de Médecine, Université de Goma, RD Congo

[5]Département de Santé Publique, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université de Kisangani, RD Congo

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

ABSTRACT: *Objective:* To determine the seroprevalence of viral hepatitis B and C and HIV among blood donors in the Isangi Rural Health Zone.
Methods: Cross-sectional descriptive study carried out in the rural health zone of Isangi from 1 January 2010 to 31 December 2017 involving 814 blood donors. The parameters of interest were sociodemographic characteristics and biological results (HIV, HBV, HCV, syphilis) using rapid diagnostic tests.
Results: 814 blood donors (family and volunteers) were collected, including 725 males (89%) and 89 females (11%). The majority of donors belonged to the age groups of 17-25 years (44%) and 26-35 (32%) and was family donors (90%). The prevalence was 1.7%; 3.2%; 0.85%; 3.5% for syphilis, HBV, HIV and HCV, respectively. No epidemiological parameters studied were significantly associated with the seropositivity of the antigens sought ($p < 0.05$).
Conclusion: Seroprevalences of infectious markers were relatively low among blood donors in Isangi. These seroprevalences would be underestimated because of the use of rapid diagnostic tests. But they would reflect a difference in epidemiology of infectious agents between rural and urban areas. Improvement of transfusion safety in rural areas should be directed towards the abandonment of family donation, the promotion of voluntary donation, the organization of donors into "clubs" and their loyalty.

KEYWORDS: Blood donors, rural area, serological markers, Isangi.

RESUME: *Objectif:* Déterminer la séroprévalence des hépatites virales B et C et du VIH parmi les donneurs de sang dans la zone de santé rurale d'Isangi.
Méthodes: Etude descriptive transversale réalisée dans la zone de santé rurale d'Isangi du 1er janvier 2010 au 31 décembre 2017 portant sur 814 donneurs de sang. Les paramètres d'intérêt étaient les caractéristiques sociodémographiques et les résultats biologiques (VIH, VHB, VHC, syphilis) par usage des tests de diagnostic rapide.
Résultats: 814 donneurs de sang (familiaux et bénévoles) ont été colligés, dont 725 de sexe masculin (89%) et 89 de sexe féminin (11%). La majorité des donneurs appartenait aux tranches d'âges de 17-25 ans (44%) et de 26-35 (32%) et était des donneurs familiaux (90%). La prévalence était de 1,7% ; de 3,2% ; de 0,85% ; de 3,5% respectivement pour la syphilis, le VHB,

Corresponding Author: Corresponding Author (email)

le VIH et le VHC. Aucun paramètre épidémiologique étudié n'avait été significativement associé à la séropositivité des antigènes recherchés (p<0,05).
Conclusion: Les séroprévalences des marqueurs infectieux étaient relativement faibles chez les donneurs de sang à Isangi. Ces séroprévalences seraient sous-estimées à cause de l'usage des tests de diagnostic rapide. Mais elles refléteraient une différence d'épidémiologie des agents infectieux entre les zones rurale et urbaine. L'amélioration de la sécurité transfusionnelle en milieu rural devrait être orientée vers l'abandon du don familial, la promotion du don bénévole, l'organisation des donneurs en ''clubs'' et leur fidélisation.

MOTS-CLEFS: Donneurs de sang, zone rurale, marqueurs sérologiques, Isangi.

1 INTRODUCTION

La sécurité transfusionnelle constitue un problème de santé publique extrêmement préoccupant pour les autorités sanitaires des pays d'Afrique subsaharienne en dépit des progrès réalisés dans l'élaboration de mesures pour réduire le risque de transmission d'agents infectieux par transfusion sanguine [1]. Cependant, différentes études effectuées en Afrique subsaharienne (ASS) montrent une forte endémicité pour les virus des hépatites B (VHB) et C (VHC), et une forte prévalence du virus d'immunodéficience humaine VIH [2–8]. Cela a pour conséquence, l'augmentation du risque résiduel transfusionnel de ces virus [9–11] et la transmission de ces maladies par le biais des produits sanguins non sécurisés [12, 13]. Malgré les efforts de l'OMS pour harmoniser les politiques transfusionnelles en Afrique, en préconisant par exemple le recours exclusifs aux donneurs de sang bénévoles non rémunérés, la majorité des donneurs de sang en ASS demeure des donneurs familiaux qui représentent plus de 80-85% des donneurs de sang [14, 15]. La plupart des études en ASS ont prouvé que cette catégorie des donneurs de sang présente un risque infectieux plus élevé que d'autres [3, 16, 17]. La sécurité transfusionnelle n'est pas la même en Afrique selon que le receveur du don de sang se trouve dans les grandes métropoles urbaines ou en zones rurales. En effet, la plupart des centres nationaux de transfusion disposant d'équipement adéquats sont localisés dans les grands centres urbains, alors qu'en milieu rural la transfusion sanguine repose sur les unités de transfusion hébergées dans les centres de santé ou au sein des hôpitaux. Ces unités de transfusion sont caractérisées par le manque de personnels qualifiés, de moyens techniques et financiers. En milieu rural, le diagnostic sérologique des infections transmissibles se fait principalement à l'aide de tests de diagnostic rapide dont la sensibilité et la spécificité sont généralement inférieures comparativement aux tests immunoenzymatiques de 3ème ou 4ème génération en cours d'usage dans la plupart des centres nationaux de transfusion sanguine en milieu urbain en ASS [18, 19]. Parfois le sang ne subit même pas un seul test sérologique ou immuno-hématologique avant la transfusion [20]. La surveillance épidémiologique des marqueurs infectieux des donneurs de sang permet donc de suivre la prévalence et de repérer les principaux moyens de lutte et de prévention de la dissémination des maladies transmissibles par la transfusion sanguine [21]. Comme la plupart des pays à ressources limitées de l'ASS, la République Démocratique du Congo (RDC) n'est pas épargnée par ces différents problèmes relatifs à l'hémovigilance. La transfusion sanguine y est assurée par les centres provinciaux de transfusion sanguine (bien équipés) dans les grandes villes, alors qu'en milieu rural cela se fait dans les hôpitaux généraux (généralement moins équipés). La majorité des études menées en RDC sur les marqueurs infectieux chez les donneurs de sang l'ont été en milieu urbain [3, 17, 22, 23] et à ce jour, peu de choses sont connues sur ce sujet en milieu rural. Le but poursuivi par cette étude est déterminer la séroprévalence des hépatites virales B et C et du VIH parmi les donneurs de sang dans la Zone de Santé Rurale d'Isangi.

2 METHODES

Il s'agit d'une étude descriptive transversale menée dans la Zone de Santé Rurale d'Isangi (située au Nord-Est de la RDC) au sein des structures sanitaires où se réalisent les transfusions sanguines (Hôpital Général de Référence d'Isangi, Centre de Santé de Référence de Lomboto et Centre de Santé de Référence d'Inera). Elle couvre la période allant du 1er Janvier 2010 au 31 Décembre 2017, soit 8 ans. Les informations ont été recueillies anonymement dans les fiches de collecte de sang fournies par le Centre Provincial de Transfusion Sanguine et dans les registres des laboratoires. Les informations obtenues à l'anamnèse précédant le don et retenues comme variables dans la présente étude étaient les suivantes : âge, sexe, statut matrimonial, catégorie des donneurs, niveau d'instruction, groupe sanguin, facteur rhésus, les résultats biologiques (VHB, VHC, VIH) par usage des tests de diagnostic rapide. La population d'étude était constituée des donneurs (bénévoles et familiaux) ayant effectué un don de sang pendant la période d'étude. Ont été inclus tous les donneurs de sang (bénévoles et familiaux) de deux sexes, en bonne santé apparente dont l'âge est compris entre 17 et 65 ans et pesant 50 Kg ou plus. Ils avaient fait l'objet d'une sélection clinique et biologique selon les critères de sélection fixés par le Centre National de Transfusion Sanguine [24]. Les critères d'exclusion ont été les suivants : avoir été transfusé auparavant, avoir présenté des signes d'hépatite ou des signes de toute autre infection, être enceinte, avoir un comportement sexuel à risque au cours des trois mois précédant le don de sang. Sur 987 sujets ayant effectué un don de sang, nous avons retenu 814 dont les données étaient complètes et exploitables. L'échantillon choisi était non probabiliste et exhaustif pour maximiser l'importance des informations recueillies. Le dépistage

des marqueurs infectieux a été réalisé selon les directives du Programme National de Transfusion Sanguine et du Programme National de Lutte contre le Sida et IST qui préconisent l'utilisation des tests de diagnostic rapides ci-après tout en respectant rigoureusement les recommandations du fabricant:

- Test pour le dépistage de l'hépatite virale B et de l'hépatite virale C : Determine ^{TM} Ag Abbott, Tokyo, Japan.
- Test pour le dépistage de l'infection à VIH : La présence des anticorps VIH1 et VIH2 a été recherchée avec un test rapide Détermine ^{TM} HIV-1/2,

Les données ont été encodées et analysées à l'aide des logiciels Excel 2010 et Epi Info^{TM7}. Pour les analyses statistiques, nous avons eu recours à la moyenne, à l'écart-type, au test khi carré ou au test exact de Fischer (lorsque recommandé) pour rechercher une association entre les paramètres sociodémographiques et la séropositivité des antigènes ou des anticorps recherchés. Le seuil de signification était fixé à $p<0,05$.

3 RESULTATS

Au cours de la période d'étude, les 814 donneurs de sang retenus pour la présente étude ont été colligés dans le tableau I qui rapporte leurs caractéristiques sociodémographiques et leurs séroprévalences des hépatites virales B et C et du VIH.

Tableau 1. Caractéristiques sociodémographiques et séroprévalence des marqueurs infectieux parmi les donneurs de la Zone de Santé Rurale d'Isangi.

Caractéristiques sociodémographiques et séroprévalences des marqueurs infectieux	N=814 n(%)
Age (ans)	
17-25	358 (44)
26-35	260 (32)
36-45	179 (22)
>45	17 (2)
Sexe	
Masculin	725 (89)
Féminin	89 (11)
Statut matrimonial	
Vit avec conjoint	213 (26,2)
Vit seul	601 (73,8)
Catégorie de donneurs	
Familiaux	732 (90)
Bénévoles	82 (10)
Niveau d'instruction	
Aucun et primaire	122 (15)
Secondaire	618 (76)
Supérieur	74 (9)
Groupe sanguin	
A	211 (26)
B	16 (2)
AB	126 (15,4)
O	416 (56,6)
Rhésus	
Positif	793 (97,4)
Négatif	21 (2,6)
Séroprévalences	
RPR	14(1,7)
VHB	26(3,2)
VHC	29(3,5)
VIH	7(0,85)

Il apparait que la majorité des donneurs étaient jeunes (âge moyen 29 ± 9 ans; extrêmes : 17- 64 ans), de sexe masculin, vivant seul, donneurs familiaux, de niveau secondaire, du groupe sanguin O et de Rhésus positif. La séroprévalence de l'antigène HBs, du VHC et du VIH était respectivement de 3,2% ; 3,5 % et 0,85%. Trois cas de co-infection ont été rapportés, il

s'agit deux cas de co-infection antigène HBs-VIH et d'un cas la co-infection VIH-syphilis. Le tableau II montre l'association entre les caractéristiques sociodémographiques et la sérologie positive pour le VHB, le VHC et le VIH. Il en résulte qu'aucun facteur de risque parmi ces caractéristiques n'a pu être relevé de manière significative chez les donneurs dont la sérologie était respectivement positive au VHB et au VHC et au VIH.

Tableau 2. Association entre les caractéristiques sociodémographiques et la sérologie positive pour le VHB, le VIH et le VHC chez les 814 donneurs de sang dans la Zone de Santé Rurale d'Isangi.

	Total	HVB positif n(%)	p-val	VHC positif n(%)	p-val	VIH positif n(%)	p-val
Age			0,06		0,096		0,685
17-25 ans	358	20(5,6)		10(2,8)		2(0,5)	
26-35 ans	260	4(1,5)		15(5,7)		4(1,5)	
36-45 ans	179	2(1,1)		4(2,2)		1(0,5)	
>45 ans	17	0(0)		0(0)		0(0)	
Sexe			0,919		0,615		0,133
Masculin	725	23(3,1)		25(3,4)		5(0,7)	
Féminin	89	3(3,4)		4(4,5)		2(2,2)	
Statut matrimonial			0,203		0,122		0,884
Vit avec conjoint	213	4(1,9)		4(1,8)		2(0,9)	
Vit seul	601	22(3,6)		25(4,1)		5(0,8)	
Catégories de donneurs			0,68		0,562		
Familiaux							
Bénévoles	732	24(3,3)		27(3,6)		7(0,95)	
	84	2(2,4)		2(2,4)		0(0)	
Niveau d'instruction			0,55		0,188		0,874
Aucun et primaire	122	5(4)		7(5,7)		1(0,8)	
Secondaire	618	19(3)		20(3,2)		6(0,98)	
Supérieur	74	2(2,7)		2(2,7)		0(0)	

4 DISCUSSION

4.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES DES DONNEURS DE SANG DE LA ZONE DE SANTE RURALE D'ISANGI

La majorité des donneurs de sang était des hommes âgés de 18 à 35 ans. Ces résultats sont en accord avec le constat fait par Tagny et coll et par Tonda et coll selon lequel l'une des caractéristiques communes chez les donneurs de sang en Afrique subsaharienne est la prédominance des jeunes adultes hommes [25, 26]. Sur les 814 donneurs de sang répertoriés, 89% étaient de sexe masculin. Ces résultats concordent avec ceux trouvés par d'autres auteurs qui estiment que généralement selon certaines convictions ou croyances africaines traditionnelles, l'homme serait le plus souvent en meilleure santé que la femme [27-29]. D'autres études stipulent que les contraintes physiologiques chez la femme comme le cycle menstruel et certains facteurs obstétricaux, plus particulièrement la grossesse, seraient des paramètres de restriction pour la femme au don de sang [30]. Nos résultats rapportent que la grande majorité des dons était effectuée par des donneurs familiaux (90%) et contre 10% des dons qui étaient bénévoles. Au niveau du Centre Provincial de Transfusion Sanguine de Kisangani (RDC), les tendances semblent être identiques à nos résultats [3] et aussi à ceux obtenus par Noubiap et coll au Cameroun [27]. En effet, plusieurs études antérieures faites en Afrique subsaharienne ont montré que les donneurs familiaux/de remplacement étaient remarquablement prédominants, atteignant plus de 70% des donneurs de sang, car ils sont rapidement accessibles et peu coûteux, alors que les donneurs volontaires et bénévoles nécessitent des programmes de sensibilisation et de recrutement dont le coût demeure prohibitif pour les budgets alloués aux centres de transfusion [31]. Ceci démontre que de nombreuses campagnes de sensibilisation sur l'importance des dons bénévoles de sang sont nécessaires pour espérer respecter les objectifs que l'OMS s'est assignée comme objectif principal d'obtenir 100% de dons de sang provenant de donneurs bénévoles d'ici 2020 [32].

4.2 SÉROPRÉVALENCES ET DONNÉES SÉROLOGIQUES SELON LE PROFIL ÉPIDÉMIOLOGIQUE DES DONNEURS DE SANG DANS LA ZONE DE SANTE RURALE D'ISANGI

4.2.1 VHB (ANTIGÈNE HBS)

La séroprévalence de l'AgHBs chez les donneurs de sang était de 3,2%. Cette séroprévalence est supérieure aux séroprévalences de 1,46% et de 2,58% observées respectivement en Tunisie et en Erythrée [33,34]. Des séroprévalences plus élevées de l'AgHBs de 10% ; 12,2% et de 17,5% ont été rapportées, au Nigéria, au Cameroun et au Malawi [35-37]. Cette prévalence apparemment faible trouvée à Isangi serait sous-estimée par le fait que d'autres marqueurs immunologiques de l'hépatite virale B ne sont pas recherchés systématiquement lors de la sélection biologique du sang (à l'instar de AcHBs, AgHBc, AcHBc, AgHBe, AcHBe). Des mutations affectant l'antigène HBs peuvent le rendre indétectable par les tests sérologiques et justifier la prévalence trouvée dans cette étude [38]. La tranche d'âge la plus affectée dans notre étude intéresse celle variant de 17 à 25 ans. Dongdem JT et coll ainsi que et de Noah ND et coll ont fait le même constat au Ghana et au Cameroun [39, 40]. Cette population d'étude était constituée d'une majorité de jeunes qui est la caractéristique de population et de donneurs de sang des pays en développement [41]. La séroprévalence de l'AgHBs a été similaire entre les hommes et les femmes. Nos résultats contrastent avec des études antérieures faites en Namibie et au Burkina Faso et qui ont rapporté une atteinte plus significative des hommes au VHB [42,43]. Les donneurs de sang vivant seuls sont plus atteints par le VHB par rapport aux donneurs de sang mariés et ceux ayant une occupation. Cela peut être dû l'effet direct de la prédominance de leur nombre dans l'échantillon. Dans notre étude et dans celle menée à Mbuji-Mayi par Ciamala et coll, une séroprévalence élevée de l'antigène HBs a été rapporté chez les donneurs familiaux [44]. Par contre, Nzaji et coll à Kamina ainsi que Kakisingi et coll à Lubumbashi et ont trouvé une prévalence plus élevée parmi les donneurs de sang bénévoles [20, 22]. Plusieurs études antérieures ont montré que la majorité des donneurs de sang en Afrique subsaharienne demeure des donneurs familiaux et que cette catégorie des donneurs présente un risque infectieux plus élevé que d'autres [3, 14-17]. Quant au niveau d'instruction, il apparait qu'il existe un faible taux de portage de l'antigène HBs parmi les donneurs de niveau d'instruction supérieur. Nous pensons qu'un niveau d'instruction élevé sur les modes de contamination et les mesures préventives contre l'hépatite virale B semblent expliquer cette faible prévalence dans cette catégorie de donneurs de sang. Ce groupe des donneurs devrait être privilégiées par rapport à d'autres lors de la collecte du sang en milieu rural. La différence n'est pas statistiquement significative concernant le niveau d'instruction.

4.2.2 VHC

L'analyse de la séroprévalence des anticorps anti-VHC dans cette enquête était de 3,5 % alors qu'elle était en Centrafrique à 3,6 %, en Angola elle était à 5,7 % et au Tchad à 4,8 % [45]. Globalement, elle rejoint le taux moyen des hépatites C dans les pays à ressources basses [46]. La séroprévalence de l'hépatite C est importante dans la tranche d'âge entre 25 et 35 ans (5,7%). Ce résultat est similaire à celui de Tessema et coll en Ethiopie [47] et différent de celui de Kabinda et coll à Bukavu (RDC) où les donneurs de sang de 31 à 40 ans étaient plus affectés par le VHC [48]. L'hépatite C ayant le même mode de transmission que le VIH se retrouve dans la population et peut se transmettre devant un comportement à risque retrouvé souvent dans cette tranche d'âge [48]. Aucune différence significative n'a été trouvée en comparant la séroprévalence du VHC entre les hommes et les femmes, même si ces dernières semblent être plus concernées que les hommes. Les donneurs vivant avec conjoint sont moins infectés que ceux qui vivent seuls. Le statut matrimonial des donneurs est peu abordé dans la plupart des études. La tendance observée dans notre série mérite un approfondissement pour clarifier l'effet possible de ce paramètre sur la sécurité virale du sang donné [49]. Plusieurs données de la littérature en Afrique subsaharienne ont montré que les donneurs familiaux présentent un risque infectieux élevés par rapport à d'autres catégories [14-17]. Les donneurs de sang de niveau d'étude supérieur sont moins touchés par le VHC. Cela serait dû à une bonne connaissance des moyens de prévention et de contamination du VHC.

4.2.3 VIH

La séroprévalence du VIH était de 0,85% chez les donneurs de sang. Elle est inférieure à celle rapportée par Rerambiah et coll (2,5%) à Libreville et par Baleka et coll à Kinshasa (3,5%) [50, 51]. Cette discordance pourrait s'expliquer principalement par le moyen utilisé pour la qualification des poches de sang: test de diagnostic rapide (notre étude) versus ELISA (Rerambiah et Baleka). En effet, plusieurs études ont montré la faible sensibilité des tests de diagnostic rapide comparativement aux tests immunoenzymatiques de 3eme et de 4eme génération dans le diagnostic du VIH chez les donneurs de sang en Afrique subsaharienne [52, 53]. Dans cette étude, il apparait que la tranche d'âge la plus affectée par le VIH est celle de 26 à 35 ans. Ce résultat ne corrobore pas ceux trouvés par Loua et coll à Conakry [11], par Nzaji et coll en RDC ainsi que par Tonda et coll au Gabon qui ont trouvé que les donneurs de sang de plus de 35 ans étaient les plus touchés [20, 26]. Nous estimons qu'un comportement sexuel à risque chez les jeunes dans notre milieu d'étude qui est carrefour commercial très fréquenté et les

différences épidémiologiques sur la pandémie du VIH en milieux urbain et rural pourraient expliquer ce constat [35]. L'analyse du taux de portage selon le sexe indique que les donneurs de sang féminins sont plus affectés que les donneurs masculins : 2,2 % contre 0,7 %. Les résultats trouvés dans d'autres études en Guinée (Conakry), en RDC (Lubumbashi), au Gabon (Koula-Moutou) [11, 22, 26] sont similaires aux nôtres. Certains auteurs estiment que cela est lié à une féminisation de la pandémie du VIH est très marquée surtout parmi les jeunes de moins de 25 ans en Afrique Sub-saharienne [54]. La séroprévalence du VIH n'était pas associée au statut marital, ni au niveau d'instruction des donneurs de sang. Concernant la catégorie des donneurs, Naila et coll ainsi que Sultan et coll affirment qu'au Pakistan le risque de séroprévalence est plus élevé chez les donneurs de remplacement familiaux parce que dans cette catégorie se greffent en fait des personnes pauvres, rémunérées en cachette par la famille et qui dissimulent des informations lors de l'entretien de sélection [55, 56].

5 CONCLUSION

Cette étude montre que les séroprévalences des marqueurs viraux chez les donneurs de sang à Isangi sont relativement faibles. Ces séroprévalences seraient sous-estimées à cause de l'usage des tests de diagnostic rapide dans la qualification biologique des dons de sang. Par contre, elles refléteraient une différence d'épidémiologie des agents infectieux entre les zones rurale et urbaine. Les stratégies pour améliorer la sécurité transfusionnelle dans la Zone de Santé Rurale d'Isangi devraient être orientées vers l'abandon du don familial, la promotion du don bénévole, l'organisation des donneurs en «clubs» et leur fidélisation.

REFERENCES

[1] Nagalo BM, Bisseye C, Sanou M, Nebie YK, Kiba A, Kienou K et al. Molecular diagnosis of acquired human immunodeficiency virus (HIV) in pooled plasma from blood donors at the Regional Blood Transfusion Center in Ouagadougou, Burkina Faso]. Med Trop 2011 (Mars) 71: 137-41

[2] Kra O, N'Dri N, Ehui E, Ouattara B. Prévalence de l'antigène HBs chez les donneurs de sang au centre régional de transfusion sanguine de Bouaké (Côte d'Ivoire) en 2001. Bull Soc Pathol Exot 2007;100:127–9.

[3] Batina A, Kabemba S, Malengela R. Marqueurs infectieux chez les donneurs de sang en République démocratique du Congo (RDC). Rev Med Brux 2007; 28:145–9.

[4] Moore A, Herrera G, Nyamongo J, Lackritz E, Granade T, Nahlen B, et al.Estimated risk of HIV transmission by blood transfusion in Kenya. Lancet 2001; 358:657–60.

[5] Candotti D, Sarkoclie F, Allain J. Residual risk of transfusion in Ghana. Br J Haematol 2001; 113:37–9.

[6] Dagnra AY, Prince-David M, Agbénu S, Ouro-Akpo T, Hounkpati F. Prévalence et risque de transmission du VHC après dépistage des VIH et VHB chez les donneurs de sang. Med Mal Infect 2002;32:315–9.

[7] Allain JP, Candotti D, Soldan K, Sarkodie F, Phelps B, Giachetti C et al. The risk of hepatitis B virus infection by transfusion in Kumasi, Ghana. Blood 2003; 6:2419–25.

[8] Allain JP, Owusu-Ofori S, Bates I. Blood Transfusion in Sub-Saharan Africa. Transfus Altern Transfus Med 2004; 1:16–23.

[9] Zohoun A, Lafia E, Houinato D, Anagonou S. Risque infectieux VIH 1/2 transfusionnel au Bénin. Bull Soc Pathol Exot 2004;97:261–4.

[10] Ouattara H, Siransy-Bogui L, Fretz d C, Diane KM, Konate S, Koidio A, et al. Residual risk of HIV, HVB and HCV transmission by blood transfusion between 2002 and 2004 at the Abidjan National Blood Transfusion Center. Transfus Clin Biol 2006;13:242–5.

[11] Loua A, Sow EML, Magassouba FB, Camara M, Baldé MA. Évaluation du risque infectieux résiduel chez les donneurs de sang au Centre national de transfusion sanguine de Conakry. Transfus Clin Biol 2004; 11: 98–100.

[12] Tong MJ, El-Farra NS, Reikes AR. Ruth L, Clinical outcomes after transfusion-associated hepatitis C. N Engl J Med 1995; 332:1463–6.

[13] Tapko JB. Blood safety: strategy for African region, The 4th Arab congress and the 3rd African congress of blood transfusion. Tunis 2002:67–74.

[14] Allain JP, 2011. Moving on from voluntary non-remunerated donors: who is the best donor? Br Haematol 154: 763-769.

[15] Tagny CT, 2012. The current need for family and replacement donation in sub- Saharian Africa should not hide the difficulties of its management. Transfus Med 22:298-299.

[16] Koné MC, Sidibé ET, Mallé KK, Beye SA, Lurton G, Dao S et coll. Séroprévalence des virus de l'immunodéficience humaine et des hépatites B et C chez les donneurs de sang à Ségou (Mali). Médecine et Santé Tropicales, Vol. 22, N8 1 - janvier-février-mars 2012.

[17] Namululi BA, Guerrieri C, Dramaix M. Impact du mode de recrutement des donneurs de sang sur la prévalence du VIH et du VHB à Bukavu, République démocratique du Congo. Médecine et Santé Tropicales 2012 ; 22 : 69-74.

[18] Dogbe EE, Arthur F, 2015. Diagnostic accuracy of blood centers in the screening of blood donors for viral markers. Pan Afr Led J 20:119.

[19] Prugger C, Laperche S, Murphy EL, Bloch EM, Kaidarova Z, Tafflet M et coll. Screening for transfusion transmissible infections using rapid diagnostic tests in Africa: a potential hazard to blood safety? Vox Sang 110: 196-198.
[20] Nzaji MK, Ilunga BK. A study of the prevalence of infectious markers in blood donors in rural areas. The case of Kamina hospital. Sante Publique.2013; 25(2):213-7.
[21] Uwingabiye J, Zahid H, Unyendje L, Hadef R. Séroprévalence des marqueurs viraux sur les dons du sang au Centre de Transfusion Sanguine, Hôpital Militaire d'Instruction Mohammed V de Rabat. Pan African Medical Journal. 2016; 25:185.
[22] Kakisingi NC, Mukuku O, Kapend MS, Muteya MM, Kabila KV, Ilunga KE et coll. Profil épidémiologique et séroprévalence des donneurs de sang aux cliniques universitaires de Lubumbashi, République Démocratique du Congo. Pan African Medical Journal. 2016; 23:175 doi:10.11604/pamj.2016.23.175.8480.
[23] Abdala KA, Shindano ME, Maindo AM, Batina AS. Problématique sur la sécurité transfusionnelle à l'hôpital général de référence de Kindu, RDC Kis Med Juillet 2016, Vol 7(1) : 265-268
[24] Centre National de Transfusion Sanguine. Manuel de formation. Ministère de la santé, RDC, 2005.
[25] Tagny CT, Owusu-Ofori S, Mbanya D, Deneys V, 2010. The blood donor in sub-Saharian Africa: a review. Transfus Med 20:1-10.
[26] Tonda J, Mickala P, Mombo LE, Etho MJC, Mongo-Délis A, Mbacky K, M'batchi B et coll. Séroprévalence du virus de l'immunodéficience humaine, des virus des hépatites B et C et de Treponema pallidum chez les donneurs de sang dans une zone rurale au sud-est Gabon. Journal of Applied Biosciences 110: 10783-10789.
[27] Noubiap JJ, Joko WY, Nansseu JR, Tene UG, Siaka C. Sero-epidemiology of human immunodeficiency virus, hepatitis B and C viruses, and syphilis infections among first-time blood donors in Edéa, Cameroon. International Journal of Infectious diseases. 2013; 17 (10): 832-7. PubMed | Google Scholar.
[28] Rajab JA, Muchina WP, Orinda DA, Scott CS. Blood donor haematology parameters in two regions of Kenya. East Afr Med J. 2005; 346 (3): 530-6. PubMed | Google Scholar.
[29] Nébié KY, Olinger CM, Kafando E, Dahourou H, Diallo S, Kientega Y, Domo Y, Kienou K, Ouattara S, Sawadogo I, Ky L, Muller CP. Lack of knowledge among blood donors in Burkina Faso (West Africa); potential obstacle to transfusion security. Transfus Clin Biol. 2007; 14 (5): 446-52. PubMed | Google Scholar.
[30] Fasola FA, Otegbayo IA. Post-transfusion hepatitis in sickle cell anemia, retrospective-prospective analysis. Nig J Clin Pract. 2002; 5: 16-9. PubMed | Google Scholar.
[31] Tagny CT, Diarra A, Yahaya R, Hakizimana M, Nguessan A, Mbensa G et coll, 2009. Characteristics of blood donors and donated blood in sub-Saharan Francophone Africa. Transfusion 49:1592-1599.
[32] Who Health Organisation. Blood safety: Fact Sheet n°279. 2011. Google Scholar.
[33] Ben JR, Gouider E, 2014. Seroprevalency of transfusion-transmitted infections in first-time volunteer and replacement donors in Tunisia. Transfus Clin Biol21:303-308.
[34] Fessehaye N, Naik D, Fessehaye T, 2011. Transfusion transmitted infections - a retrospective analysis from the National Blood Transfusion Service in Eritrea. Pan Afr Med J 9:40.
[35] Motayo BO, Faneye AO, Udo UA, Olusola BA, Ezeani I, Ogiogwa JI, 2015. Seroprevalence of transfusion transmissible infections (TTI), in first time blood donors in Abeokuta, Nigeria. Afr Health Sci15:19-24.
[36] Fouelifack YF, Keugoung B, Fouedjio JH, Kouam N, Mendibi S, Dongtsa MJ, 2012. High Rates of Hepatitis B and C and HIV Infections among Blood Donors in Cameroon: A Proposed Blood Screening Algorithm for Blood Donors in Resource-Limited Settings Blood Transfus 2012:458372.
[37] Nyirenda M, Beadsworth MB, Stephany P, Hart CA, Hart IJ, Munthali C et coll, 2008. Prevalence of infection with hepatitis B and C virus and coinfection with HIV in medical inpatients in Malawi. J Infect 57:72-77.
[38] Zeba TAM. Co-infection des virus des hépatites B et C au Burkina Faso : Prévalence, marqueurs viraux et caractérisation moléculaire. Université de Ouagadougou. Thèse, 2012.
[39] Dongdem JT, Sylvanus K, Irenaeus NS, Patrick NA, Juventus BZ, Kenneth S. Prevalence of hepatitis B virus infection among blood donors at the Tamale Teaching Hospital, Ghana (2009). BMC Research Notes 2012 5:115.
[40] Noah ND, Njouom R, Bonny A, Pirsou R, Meli J, Biwole M. HBs antigen prevalence in blood donors and the risk of transfusion of hepatitis B at the central hospital of Yaoundé, Cameroon. Open Journal of Gastroenterology 1 (2011) 23-27.
[41] Mbendi NC, Longo MB, Mbendi NS, Muyembe TJJ, Situakibanza NH, Vangu ND. Prévalence du VIH et de l'antigène HBS chez les donneurs du sang. Risque résiduel de contamination chez les receveurs de sang à Kinshasa-Est, République Démocratique du Congo. Med Trop 2001 ; 61 : 139-42.
[42] Mavenyengwa RT, Mukesi M, Chipare I, Shoombe E, 2014. Prevalence of human immunodeficiency virus, syphilis, hepatitis B and C in blood donations in Namibia. BMC Public Health 14:424.
[43] Nagalo BM, Bisseye C, Sanou M, Kienou K, Nebie YK, Kiba A et coll, 2012. Seroprevalence and incidence of transfusion transmitted infectious diseases among blood donors from regional blood transfusion centers in Burkina Faso, West Africa. Trop Med Int Health 17:247-253.

[44] Ciamala MP, Kanyiki KM, Banza NB, Ntumba MK, Mukendi MJR, Kolela KA et coll. Seroprevalence of Hepatitis B among Blood Donors in Mbuji-Mayi, "Case of Dipumba General Hospital" (DRC). 2017. Open Access Library Journal, 4: e3503.
[45] Elira-Dokekias A, Okandze-Elenga JP, DZia-Lepfoundzou A, Parra HJ. Prévalence des marqueurs viraux majeurs chez les donneurs de sang à Brazza Ville. Gaz Transfus 2002:4–6.
[46] Dhingra N, Hafner V. La sécurité transfusionnelle à l'échelle internationale: le rôle de l'OMS. Transfus Clin Biol 2006;13:200–2.
[47] Tessema B, Yismaw G, Kassau A, Amsalu A, Mulu A, Emmrich F, Sack U. Seroprevalence of HIV, HBV, HCV and syphilis infections among blood donnors at Gondar University teaching hospital: Northwest Ethiopa: declining trends over a period of five years. BMC Infect Dis. 2010; 10 (1): 111.PubMed |Google Scholar.
[48] Kabinda JM, Miyanga SA, Misingi P, Ramazani SY. Les hépatites B et C chez les donneurs bénévoles de sang et non rémunérés de l'Est de la République démocratique du Congo. Transfusion Clinique et Biologique 21 (2014) 111–115.
[49] Batina AS, Gulbis B, Dramaix WM, Losimba LJ. Évolution des marqueurs d'infections virales transmises par transfusion de 2005 à 2008 à Kisangani, République Démocratique. Rev. méd. Gd. Lacs 2013; 2(3) :283-292.
[50] Rerambiah LK, Rerambiah LE, Bengone C, Djobasiawaya JF, 2014. The risk of transfusion transmitted viral infections at the Gabonese National Blood Transfusion Centre. Blood Transfus 12:330-333.
[51] Baleka F, Pukuta E, Lay Y, Mwema G, Mumba M, Muyembe TJJ. Prévalence et co-infection de VIH, VHC et VHB chez les donneurs de sang à Kinshasa, RDC. Congo sciences Volume 2| Numero 1| March 2014| www.congosciences.org.
[52] Orkuma JA, Egesie JO, Banwat EB, Ejele AO, Orkuma JH, Bako IA, 2014. HIV screening in blood donors: rapid diagnostic test versus enhanced ELISA. Niger J Med 23:192-200.
[53] Pruett CR, Vermeulen M, Zacharias P, Ingram C, TayouTagny C, Bloch EM, 2015. The use of rapid diagnostic tests for transfusion infectious screening in Africa: a literature review.Transfus Med Rev 29:35-44.
[54] World Health Organization, UNAIDS, UNICEF. GLOBAL HIV/AIDS RESPONSE. Epidemic update and health sector progress towards Universal Access. Progress Report 2011. World Health Organization, Geneva. 2011.
[55] Naila A, Nasir K, Fazal I (2004) Seroprevalence of HBV, HCV and HIV infection among voluntary non remunerated and replacement donors in northern Pakistan. Pak J Med Sci 20(1)24–8.
[56] Sultan F, Mehmood T, Mahmood MT (2007). Infectious pathogens in volunteer and replacement blood donors in Pakistan: a ten-year experience. Int J Infect Dis 11(5):407–12. Epub 2007 Feb 28.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1819-1822
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Synthesis and Characterization of new Menthopyrazole Compounds derived from Menthone

Abdeslam Ansari, Ahmad Oubair, and Mouhamed Znini

Laboratory of Natural Substances & Synthesis and Dynamics Molecular, Moulay Ismail University Meknes, Faculty of Sciences and Technics, Errachidia, Morocco

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

ABSTRACT: Menthone, is a monoterpene ketone, occurs in nature and widely present in high concentration in mentha species essential oils. Also, it has become the key to the synthesis of many heterocyclic compounds exhibiting various kinds of biological activity. The objective of the present work is to synthesize new menthone derivative compounds such as menthopyrazole (HPM) and 1-phenylmenthopyrazole (PMP) by condensation of hydroxymethylenementhone with hydrazine and phenylhydrazine, respectively. The structures of these compounds were characterized by FT-IR, ^{1}H NMR and ^{13}C NMR spectra.

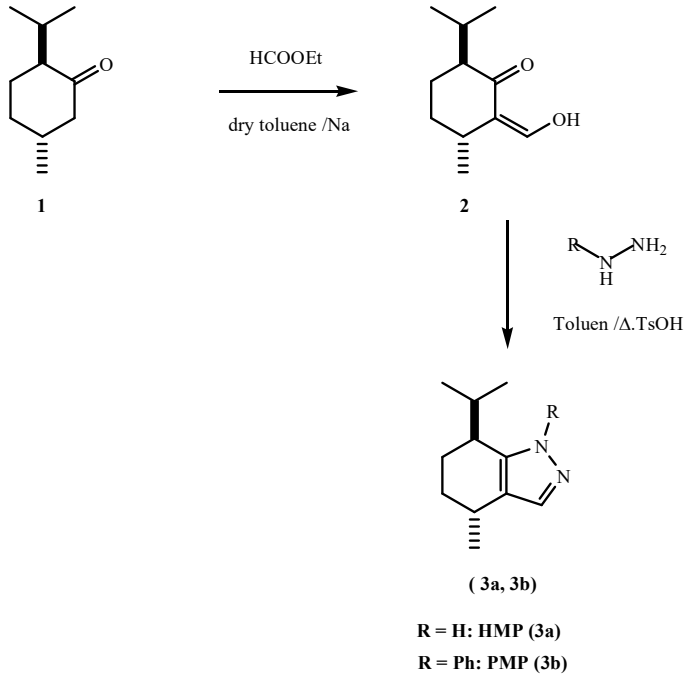
KEYWORDS: Menthone, Hydroxymethylenementhone, Menthopyrazole, Hydrazine, Phenylhydrazine.

1 INTRODUCTION

The widespread occurrence of p-menthane compound in many classes of natural products makes them a valuable building block for the synthesis of various biologically organic target molecules [1, 2]. Also, the synthesis of various p-menthane derivatives is extensively studied to obtain eco-friendly corrosion inhibitors [3, 4]. For instance, menthone, named p-menthan-3-one, is a monocyclic monoterpene ketone, frequently found in the essential oils throughout the labiatae family, frequently in the oils of the *mentha species* [5]. In the industry, the menthone is used as a flavoring agent in foods [6] and green corrosion inhibitor of steel in 1M HCl [7]. It has also become the key of starting the synthesis of natural compounds of some substances exhibiting various kinds of biological activity [8]. In our previous study, we report. The new p-menthane derivative having two isoxazolidine moieties and named (3R*,6R*,4' S*,8'R*,3" R*,6"R*)-3, 3"-Diisopropyl-6,6"-dimethyl-2',6' diphenyldispiro [cyclohexane-1,4'-(3. 7-dioxa-2,6-diazabi-cyclo[3.3.0]octane)-8',1"-cyclohexane]-2,2"-dione) was obtained by the reaction of 2-hydroxymethylene menthone and n-diphenylnitrone. The structure of this compound was determined by the X-ray diffraction data [9].

To continue our work, we are focused on the present study on the synthesis of new menthone derivatives, namely menthopyrazole (HMP) and 1-phenylmenthopyrazole (PMP) by the condensation of hydroxymethylenementhone with hydrazine and phenylhydrazine, respectively (schema 1).

Corresponding Author: Abdeslam Ansari



Scheme 1: Generic structure of HMP and PMP

2 RESULTS AND DISCUSSION

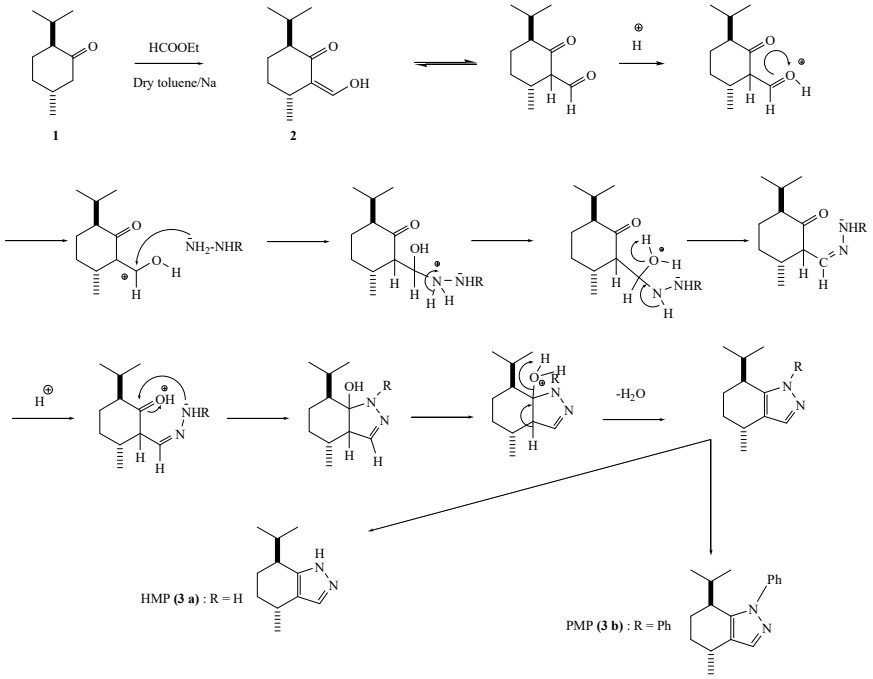
The hydroxymethylenementhone **(2)** easily available from menthone by its formulation using Ethyl format and sodium in dry toluene could be employed as the starting material in the synthesis of menthopyrazole. The aldehyde function of **(2)** exists in the enol form, this is the most stable tautomer as it allows overlapping of the π-electrons of the two double bonds and intramolecular hydrogen bonding. In the second step, we prepared menthopyrazole (HMP) and 1-phenylmenthopyrazole (PMP) by the condensation of commercially available hydrazines (RNH-NH_2) with hydroxymethylenementhone **(2)**. The experimental data are listed in (table 1).

Table 1. Reaction times, yields, boiling or malting points and physical appearance of synthesized products

Product	Time(hour)	Yield (%)	Bp or Mp(°C)	Physical appearance
2	12	80	Bp: 107	Yellowish liquid
3a	11	65	-	Yellowish viscous oil
3b	11	75	Mp: 265	Lightly color less solid

The reaction between α-β-dicarbonyl compound and hydrazine (RNH-NH_2) constitutes the main synthetic approach to the pyrazoles ring and the mechanism of these reactions has been studied several times [10, 11]. In the general case of an asymmetrically substituted α-β-dicarbonyl compound, the reaction can lead to a mixture of pyrazoles isomers, which become identical when R = H, due to the annular tautomerism related to the Mills–Nixon effect [12]. Besides, the reaction of hydroxymethylenenementhone **(2)** with hydrazine and phenyl hydrazine in dry toluene at reflux and catalysis acid in a Dean–Stark apparatus afforded as sole reaction product the corresponding pyrazoles derivatives substituted (3a) and (3b), respectively, which were easily separated by column chromatography and their elucidation were easily be verified by IR, ^{1}H NMR and ^{13}C NMR spectra. Those results are in accordance with those reported by Fernandez and al. [13], who explained this regioselectivity observed by the existence of marked kinetic differences in the dehydration step of the proposed dihydroxypyrazolidines leading to the Δ^2-pyrazoline . Those authors noted also the importance of the catalysis acid for obtaining a single compound. In contrast, the absence of the catalysis acid may lead to the production of another compound named 5-hydroxymenthopyrazole in the case of using the phenyl hydrazine.

The mechanism of the formation of PMP (**3b**) can be explained, firstly, by the nucleophile attack of the –NH_2 of hydrazine via a Michael addition and secondly by the nucleophile attack of PhHN- on the carbonyl group of compound (**2**). This regioselectivity can be explained by the stability that offering the phenyl group, in the pyrazole cycle. Indeed, the experience shows that the arylhydrazines preferentially attack the aldehyde carbon by the nitrogen unsubstituted, which is more subject to the action of deactivation of the aromatic ring than the nitrogen atom directly related to this ring [14] (schema 2).



Scheme 2: The mechanism proposed for the synthesis of pyrazoles

3 EXPERIMENTAL SECTION

3.1 MATERIALS, INSTRUMENTS AND REAGENTS

All chemical reagents used for this study were of analytical grades and obtained from Aldrich Chemical Co. Melting points were measured in a Reichert Kofler Thermopan and is uncorrected.

The IR spectrometer used is a Fourier Transform Spectrometer (Jasco FTIR-4100 type). The spectra were acquired in transmission on KBr pellets. The light beam passes through the sample with a thickness about 2 microns. The analysis was carried out between 4000 cm^{-1} and 400 cm^{-1}.

^{1}H NMR and ^{13}C NMR analysis were obtained using Bruker AC spectrometer apparatus at 300 MHz by dissolving the product in DMSO using TMS as internal standard (chemical shifts in δ values, J in Hz).

3.2 FORMULATION OF MENTHONE

The new menthone derivatives used in this study are synthesized as shown in (schema 1). This process was carried out in two steps. According to the slight modification of the method reported by TanaKa and al.[15], a solution of Mentone **(1)** (26.95 g, 175 mmol) in dry toluene (50 ml) was added to the mixture solution of Ethyl format (26 g, 350 mmol) and a suspension of sodium (8 g, 350 mmol) in dry toluene (200 ml) at ice-bath. After stirring overnight at room temperature, water was added. The organic layer was washed with 5% sodium hydroxide solution. The aqueous layer was acidified with dilute HCl and then extracted with etherEt_2O. The Et_2O layers were dried over $MgSO_4$ anhydrous. Afterward, the solvent was removed to give hydroxymethylenementhone **(2)**.

3.3 CHARACTERIZATION OF HYDROXYMETHYLENEMENTHONE (2)

RI (KBr), υ (cm^{-1}):$\nu_{C=O:}$1689;$\nu_{C=C}$: 1624; ν_{C-H} : 2959; ν_{OH} : 3440.

^{1}H NMR ($CDCl_3$), δ (ppm): =CH-OH (3.34, S) H: p-menthanic ring: (1.4-2.6, m).

^{13}C NMR ($CDCl_3$), δ (ppm): C=O**:** 200; =C (OH)**:** 169.

3.4 SYNTHESIS OF HMP (3A) AND PMP (3B)

The processes for the addition of **(2)** to hydrazines RNH-NH_2 (R= H, Ph) was carried out as follows To a rapidly stirred solution of **(2)** (0.728 g, 4 mmol) freshly prepared under dry toluene and at room temperature was added in a single addition the

corresponding hydrazines R-NH-NH_2 R= H (0.5 ml, 16 mmol), R= Ph (1 ml, 8 mmol) and a catalytic amount of TsOH (40 mg, 0.23 mmol). The reaction mixture was refluxed in a Dean-stark apparatus for 11 h, once eliminated the solvents under reduced pressure, the remaining residue was purified by column chromatography over silica gel using as eluent mixtures of Hexane/EtOAc (8/2) to give the compound HMP, systematic name**:** 7**-**isopropyl-4-methyl-4,5,6,7-tetrahydro-1H-indazole, **(3a** : R= H) and PMP**,** systematic name**:** 7-isopropyl-4-methyl-1-phenyl-4,5,6,7-tetrahydro-1H-indazole, **(3b**: R= Ph**)**, after removing the solvent under reduced pressure.

3.5 CHARACTERIZATION OF HMP: 7-ISOPROPYL-4-METHYL-4,5,6,7-TETRAHYDRO-1H-INDAZOLE (3A)

RI (KBr), υ (cm^{-1}): 3461, 2857, 1585, 1380, 1369, 1205, 1174, 1091, 954 cm^{-l}.

^{1}H NMR ($CDCl_3$) δ (ppm):7.36 (1H, s), 2.76, 2.78 (1H, m), 2.14, 2.13 (2H, m), 1.50 (1H, m), 1.22 (3H, d), 1.04 (3H, d), 0.68 (3H, d).

^{13}C NMR and DEPT ($CDCl_3$), δ (ppm): 18.73 (CH_3), 20.19 (CH_3), 22.3 (CH_3), 26.1 (CH), 29.65 (CH_2), 30.8 (CH), 38.7 (CH), 122 (CH), 132 (C), 144 (C).

3.6 CHARACTERIZATION OF PMP: 7-ISOPROPYL-4-METHYL-1-PHENYL-4,5,6,7-TETRAHYDRO-1H-INDAZOLE (3B)

RI (KBr), υ (cm^{-1}): 950, 2927, 1660, 1460, 1380, 1370, 1044, 866 cm^{-1}**.**

^{1}H NMR ($CDCl_3$) δ (ppm):7.62 (1H, s), 7.4 (5H, m), 3(1H, m), 2.86 (1H, m), 1.79 (2H, m), 1.47 (1H, m), 1.25 (3H, d), 0.94 (3H, d), 0.87 (3H, d).

^{13}C NMR and DEPT ($CDCl_3$), δ (ppm): 18.15 (CH_3), 20.92 (CH_3), 20.78 (CH_3), 20.57(CH_3), 21.56 (CH_2), 29.90 (CH_2), 33 (CH), 37 (CH), 123 (C), 124 (CH), 127 (CH), 129 (CH), 137 (CH), 140 (C), 141 (C).

4 CONCLUSION

In our work, we have synthesized new menthone derivatives in two stages. In the first stage, we synthesized the hydroxymethylenementhone by formulation of menthone. The second stage led us to synthesis the menthopyrazole (HPM) and the 1-phenylmenthopyrazole (PMP), with good yields ranging from 65 to 75%, respectively, by condensation of hydroxymethylenementhone with hydrazine and phenylhydrazine, respectively.The structures of these compounds were confirmed and characterized by the uses of spectroscopic methods of Fourier Transform Infrared (FT-IR) and the Nuclear Magnetic Resonance (NMR) ^{1}H and ^{13}C.

REFERENCES

[1] T. K. Shing, C. M. Lee and, H. Y. Lo, *Tetrahedron Lett.*, vol. 42, n° 47, p. 8361–8363, 2001.
[2] R. Carter, K. Hodgetts, J. McKenna, P. Magnus and S. Wren, *Tetrahedron*, vol. 56, n° 26, p. 4367–4382, 2000.
[3] Z. Faska, L. Majidi, R. Fihi, A. Bouyanzer and B. Hammouti, *Pigment Resin Technol.*, vol. 36, n° 5, p. 293–298, 2007.
[4] L. Majidi, Z. Faska, M. Znini, S. Kharchouf, A. Bouyanzer and B. Hammouti, *J Mater. Env. Sci.*, vol. 1, n° 4, p. 219–226, 2010.
[5] A. Ansari, M. Znini, A. Laghchimi, J. Costa, P. Ponthiaux and L. Majidi, " Chemical composition, adsorption proprieties and corrosion inhibition on mild steel of Mentha rotundifolia L. essential oil from Morocco, "Pharm. Lett., vol. 7, no . 6, pp. 125–140, 2015.
[6] L. Caputi and E. Aprea, *Recent Pat. Food Nutr. Agric.*, vol. 3, n° 1, p. 9–16, 2011.
[7] F. Ito, T. Kumamoto, K. Yamaguchi, and T. Ishikawa, *Tetrahedron*, vol. 65, n° 4, p. 771–785, 2009.
[8] A. Ansari, M. Znini, I. Hamdani, L. Majidi, A. Bouyanzer and B. Hammouti, *J Mater. Env. Sci.*, vol. 5, n° 1, p. 81–94, 2014.
[9] A. Ansari, L. Majidi, R. Fihi, J.-C. Daran and M. Azrour, *Acta Crystallogr.*, vol. 69, n° 7, p. o1162–o1163, 2013.
[10] U. Grošelj *and al.*, *Tetrahedron*, vol. 61, n° 16, p. 3991–3998, 2005.
[11] M. V. Capparelli and G. Agrifoglio, *J. Crystallogr. Spectrosc. Res.*, vol. 22, n° 6, p. 651–657, 1992.
[12] A. Tanaka, R. Tanaka, H. Uda, and A. Yoshikoshi, *J. Chem. Soc. [Perkin 1]*, p. 1721–1727, 1972.
[13] F. Fernández, O. Caamaño, M. D. García, I. Alkorta, and J. Elguero, *Tetrahedron*, vol. 62, n° 14, p. 3362–3369, 2006.
[14] S. Fkih-Tetouani, J. Daunis, R. Jacquier, and P. Viallefont, *J. Heterocycl. Chem.*, vol. 21, n° 1, p. 113–119, 1984.
[15] A.Tanaka, R. Tanaka, H. Uda, A. Yoshikoshi, *Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 1*., 1721–1727. 1972.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1823-1833
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Diversité floristique des adventices hôtes de *Achaea catocaloides* Guenée : Chenille ravageuse des parcelles cacaoyères dans les départements de Toumodi et de Taabo en Côte d'Ivoire

[Floristic diversity of host weeds of *Achaea catocaloides* Guenée : Caterpillar plague of cocoa plots in the departments of Toumodi and Taabo in Côte d'Ivoire]

Awa Touré, Natacha Singa Singo, and Arsène Gué and Joseph Ipou Ipou

Laboratoire de Botanique, UFR Biosciences,
Université Félix Houphouët-Boigny,
22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The wild hosts of *Achaea catocaloides* Guenée, in the cacao crops, in the departments of Toumodi and Taabo, have been inventoried on thirty surveys in order to identify them and propose effective control strategies against this new enemy of cocoa-culture. Phytosociological studies have been conducted to achieve these objectives. At the end of this work, 61 species were identified. They can be divided into 55 genera and 32 botanical families. Euphorbiaceae and Fabaceae are the most represented families. Nineteen species have a higher frequency 80 p.c. Vines and tree species are most numerous because the agro-forestry practiced in the area. The synthesis of the results allowed proposing short-term and long-term control strategies. In the immediate future some big trees should be cut as they are the host of these insects while the long- term control strategy is essentially preventive.

KEYWORDS: Lepidoptera, wild hosts, perennial crops, plant biodiversity, forestry, southern forests and central of Côte d'Ivoire.

RÉSUMÉ: Les hôtes sauvages de *Achaea catocaloides* Guenée, dans les cultures de cacaoyer, dans les départements de Toumodi et Taabo, ont été recensés sur trente relevés afin de les identifier et proposer des moyens de luttes efficaces contre ce nouvel ennemi de la cacao-culture. Des études phytosociologiques ont été menées pour atteindre ces objectifs. Au terme de ce travail, 61 espèces ont été identifiées. Elles se répartissent en 55 genres et 32 familles botaniques. Les familles des Euphorbiaceae et Fabaceae sont les plus représentées. Dix-neuf espèces ont une fréquence supérieure à 80 p.c. Les lianes et les espèces arborescentes sont les plus nombreuses du fait de la sylviculture pratiquée dans la zone. La synthèse des résultats a permis de proposer des moyens de lutte à court terme et à long terme. Dans l'immédiat, il s'agit de couper certains grands arbres portes d'entrée de ces insectes alors que la lutte à longue terme est essentiellement préventive.

MOTS-CLEFS: Lépidoptère, hôtes sauvages, cultures prennes, biodiversité végétale, sylviculture, centre et sud forestier de la Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La Côte d'Ivoire, pays d'Afrique de l'ouest, est le premier producteur mondial de fèves de cacao, avec une production moyenne annuelle de 1.200.000 tonnes, soit 41 % de l'offre mondiale [1]. Elle représente la principale culture d'exportation du pays [2]. Selon Anonyme [1], sur le plan macro-économique national, le niveau de production atteint fait que l'économie

Corresponding Author: Awa Touré

cacaoyère fournit environ 40 % des recettes d'exportation, et contribue pour 10 % à la formation du Produit Intérieur Brut (PIB). Au plan social, ce sont environ 600.000 chefs d'exploitation qui animent l'appareil de production, faisant ainsi vivre environ 6.000.000 de personnes des revenus du cacao [1]. La production serait encore meilleure, si l'on pouvait réduire les effets des ravageurs sur les cacaoyers. En 2016, une invasion de chenilles phytophages a été observée dans les cultures ivoiriennes [3]. Il s'agit de *Achaea catocaloides* Guenée (Noctuideae), un insecte connu comme prédateur mineur qui constitue aujourd'hui une nouvelle menace pour la cacao-culture ivoirienne, la culture la plus touchée par l'invasion. En effet, ces chenilles dévastent tout sur leur passage, laissant les arbres nus et desséchés. Les conséquences qui résultent des attaques de ces chenilles sont importantes. Elles provoquent la dégradation des cacaoyères touchées. De plus, elles perturbent le processus de production de fleurs et de développement des chérelles. Ces insectes peuvent donc causer des pertes considérables dans la cacao-culture ivoirienne. Depuis le 1erJuillet 2016, la superficie infestée de vergers était estimée à 20000 hectares ([4], [5], [6]). Dans les champs, en plus des espèces cultivées, d'autres espèces sont présentes : ce sont les adventices. Ces dernières en plus d'être une contrainte concernant l'espace, les nutriments et la lumière, sont des potentiels hôtes de ravageurs de cultures, notamment *Achaea catocaloides* Guenée. Cette situation amène L. M. Nageleisen [7], à qualifier la végétation accompagnatrice, de réservoir ou d'habitat d'agresseurs de cultures. De ce fait, ces espèces accompagnatrices sont considérées comme des mauvaises herbes. Elles sont donc à prendre en compte dans la protection des cultures. La recherche de moyens de protection efficaces des cultures en particulier de la cacao-culture contre ce nouveau fléau doit se faire sur le plan curatif et préventif. Cela est primordial surtout dans ce contexte de changements climatiques qui devient de plus en plus inquiétant. C'est dans ce cadre que cette étude a été initiée. Elle a été réalisée dans les départements de Toumodi et de Taabo, zones où l'invasion a été observée. L'objectif général de cette étude est de connaître les adventices hôtes sauvages d'*Achaea catocaloides* Guenée (Noctuideae) afin de proposer des itinéraires techniques visant à améliorer la qualité de la protection des cultures en Côte d'Ivoire. Spécifiquement, il s'agit d'inventorier et d'identifier les plantes hôtes sauvages de *Achaea catocaloides*.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 AIRE D'ETUDE

Les investigations ont été effectuées dans les départements de Toumodi et de Taabo qui appartiennent respectivement aux régions voisines du Bélier et de l'Agnéby-Tiassa (figure 1). La région de l'Agnéby-Tiassa avec le département de Taabo est située dans le sud forestier de la Côte d'Ivoire et englobe le V baoulé savanicole [8]. Quant au département de Toumodi, il est situé au centre de la Côte d'Ivoire dans la partie méridionale du « V » baoulé en zone de transition forêt-savane [9]. Ces deux départements sont des zones essentiellement agricoles où prédomine le binôme café – cacao [8]. La végétation du département de Taabo est dominée par la savane arborée dans laquelle on trouve des îlots de forêts. Celle du département de Toumodi est sensiblement identique avec néanmoins des galeries forestières le long des cours d'eau [10].

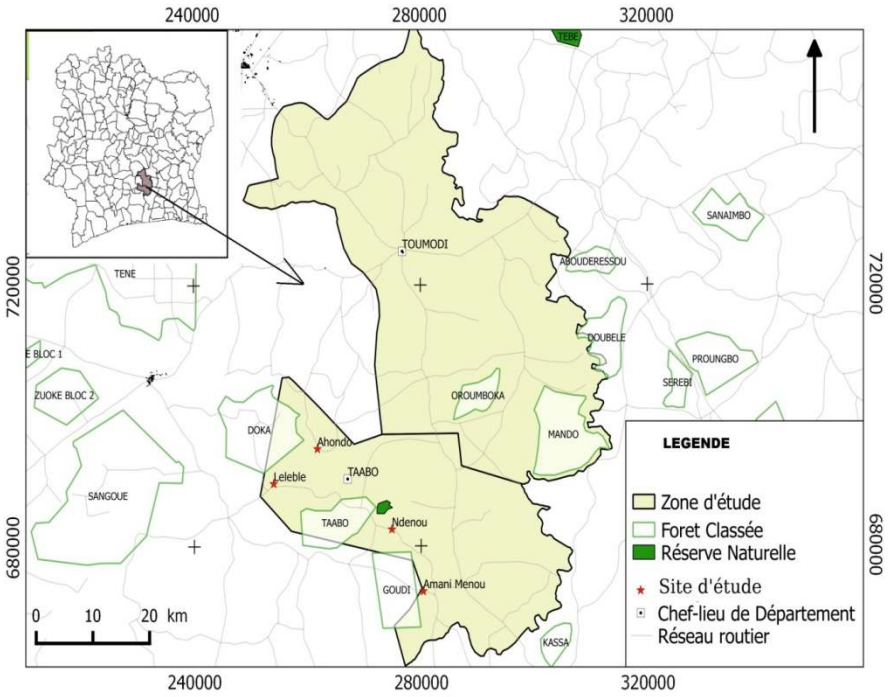


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

2.2 DESCRIPTION ET NUISIBILITE DE *ACHAEA CATOCALOIDES*

Selon CNRA [3], la chenille est relativement mince et de couleur gris-cendre, avec une tête brun-rougeâtre (figure 2A). Elle dispose d'une large ligne dorsale sombre, des lignes latérales très lumineuses et des stigmates noirs sur les côtés. A l'extrémité arrière, on trouve deux bosses de couleur rouge vif. Au dernier stade de développement, la chenille mesure 40 à 50 mm de long. L'adulte est un papillon (figure 2B) qui est un Lépidoptère appartenant à la famille des Noctuideae. Le genre *Achaea* regroupe au moins 82 espèces. Selon P. Cochereau [11], les Noctuideae dont *Achaea catocaloides* sont sujettes à des pullulations soudaines et semblent présenter d'importantes migrations dont le but est la recherche de nourriture. La chenille *Achaea catocaloides* Guenée est polyphage [3]. Elle dévore donc, en plus du cacaoyer, les feuilles de plusieurs autres cultures comme le caféier, le bananier, l'arachide, le maïs et les espèces forestières comme le genre *Terminalia*. Cependant, les dégâts de ces ravageurs sont consécutifs à de fortes populations de noctuelles qui apparaissent brutalement [11]. La nuisibilité de *Achaea catocaloides* réside dans le fait que ses attaques ont des conséquences néfastes pour les cultures. En effet, selon CNRA [3], les chenilles, par leur action, dégradent les cacaoyers, perturbent le processus de floraison et de développement des chérelles. Ces chenilles sont aussi ultra-rapides dans leur action. En un mois, environ plus de 8754 hectares de cacaoyers ont été ravagés dans le seul département de Taabo [4].

Fig. 2. Achaea catocaloides aux stades de chenille (A) et de papillon (B)

2.3 COLLECTE DES DONNEES

Le matériel est constitué de plants de cacaoyers et des adventices. La collecte des données sur le terrain a consisté à inventorier les mauvaises herbes dans les parcelles de cacaoyers attaquées. Les surfaces de relevé étaient d'un hectare. La méthode de relevés floristiques retenue est le « tour de champ» qui consiste à parcourir la parcelle dans différentes directions afin d'y recenser les espèces adventices ([12], [13], [14]). Les mauvaises herbes prises en compte dans notre étude sont celles qui présentaient les symptômes similaires à ceux observés sur les pieds de cacaoyer attaquées par les chenilles. Sur les pieds d'adventices présentant les symptômes d'attaque de chenille, des échantillons d'organes sains sont prélevés. Mais lorsque la plante se trouvait dépourvue de tout organe sain, parce qu'entièrement dévorée, nous prélevions les échantillons de l'espèce sur des pieds sains différents. Ces échantillons étaient une tige feuillée pour les uns et un morceau de liane pour les autres. Ils ont ensuite été conditionnés tout en portant les références (nom du récolteur, lieu, date, environnement et aspect du champ) de la plantation pour être transférés en laboratoire pour identification. Trente champs de cacaoyers ont été visités. Les paramètres retenus sont la contribution spécifique pour déterminer l'agressivité des mauvaises herbes sur les cacaoyers et leur fréquence. L'échelle de S. Raunkiaer [15] a été utilisée pour classer les espèces selon leur type biologique. Le type morphologique des adventices s'est fait selon la classification de G. Mangenot [16].

2.4 EXPLOITATION DES DONNEES

2.4.1 ETUDE QUALITATIVE DE LA FLORE

Elle permet de caractériser la richesse et la diversité des adventices recensées. Ainsi, nous avons déterminé les types biologiques, les types morphologiques, la chorologie et établi la richesse floristique des parcelles visitées. La détermination de ces différentes caractéristiques qualitatives est faite à l'aide de l'ouvrage de L. Aké-Assi [17].

La richesse floristique est le nombre d'espèces recensées dans un territoire [18]. Selon N. F. Kouamé [19], elle permet de montrer le nombre d'espèces qui se trouvent dans un milieu, sans juger leur fréquence, ni leur abondance ainsi que leur taille et leur productivité.

La chorologie d'une espèce est son aire de répartition géographique. L'étude de la chorologie des espèces végétales conduit à l'élaboration des cartes géographiques ou cartes chorologiques. Celles-ci renseignent sur le caractère endémique, régional ou cosmopolite d'une espèce. Une espèce endémique est une espèce présente dans une seule région alors qu'une espèce cosmopolite se retrouve partout. Quant aux espèces dites régionales, leur aire de répartition est limitée à une seule région florale. Aussi la chorologie renseigne sur le caractère naturel ou introduit d'une espèce végétale.

Les types biologiques indiquent le comportement adaptatif d'une espèce. Aussi, ils renseignent sur la formation végétale, l'origine et les transformations de celle-ci. Nous avons pour ce travail, opté pour la classification de S. Raunkiaer [15]. Elle est basée sur la position qu'occupent les méristèmes en dormance par rapport au niveau du sol durant la mauvaise saison. Chaque espèce est affectée du type biologique auquel il appartient. Les espèces appartenant au même type biologique sont regroupées. Les pourcentages représentant chaque type biologique sont calculés afin de construire le spectre biologique. La formule suivante a été utilisée pour le calcul des pourcentages :

$$p.c.\ (TB) = \frac{\text{Nombre d'espèces appartenant à un TB donné}}{\text{Nombre total d'espèces recensées}} \times 100$$

p.c = pourcentage et TB = type biologique

La classification de [15) se subdivise comme suit :

- Mégaphanérophytes (MP) : Arbres de plus de 30 m ;
- Mésophanérophytes (mP) : de 8 à 30 m de hauteur ;
- Microphanérophytes (mp) : de 2 à 8 m de hauteur ;
- Nanophanérophytes (np) : de 50 cm à 2 m de hauteur.
- Chaméphytes (Ch) : Espèces ligneuses ou suffrutescentes pérennes dont les bourgeons de rénovation sont situés à 50 cm du sol au maximum.
- Hémicryptophytes (H) : plantes pérennes dont les bourgeons de rénovation affleurent à la surface du sol.
- Géophytes (G) : plantes dont les bourgeons de rénovation sont enfouis dans le sol.

- Thérophytes (Th) : espèces annuelles qui passent la saison défavorable sous forme d'embryon en vie latente, protégé à l'intérieur de graines.

Les types morphologiques renseignent sur la forme des végétaux dans la nature. Chaque type morphologique répond à un facteur de l'environnement. Chaque espèce est affectée du type morphologique auquel il appartient. Les espèces appartenant au même type morphologique sont regroupées. Les pourcentages représentant chaque type morphologique sont calculés afin de construire le spectre des types morphologiques. La formule suivante a été utilisée pour le calcul des pourcentages.

$$p.c.\ (TM) = \frac{\text{Nombre d'espèces appartenant à un TM donné}}{\text{Nombre total d'espèces recensées}} \times 100$$

p.c = pourcentage et TM = type morphologique

2.4.2 ETUDE QUANTITATIVE DE LA FLORE

Il s'agit principalement de déterminer les fréquences spécifiques des adventices hôtes sauvages de *Achaea catocaloides* Guenée et leur contribution spécifique.

La fréquence absolue ou spécifique est le nombre (n) de fois qu'une espèce (e) a été observée dans (N) relevés représentant un échantillonnage. Elle nous permettra de déterminer la fréquence relative des espèces. Celle-ci est le rapport de la fréquence spécifique d'une espèce sur le nombre total de relevé. Sa formule est la suivante :

$$F.r. = \frac{Fa}{N}$$

Fa = fréquence absolue et N = Nombre total de relevés

La contribution spécifique d'une espèce est l'expression de l'apport de cette espèce dans les cultures. Elle permet de mettre en évidence l'agressivité d'une espèce dans une plantation. Sa formule est:

$$C.s.\ (e) = \frac{\sum [FS_{(e)}]}{FS_{(e)}} \times 100$$

$\sum [FS_{(e)}]$: somme des fréquences absolues de toutes les espèces recensées au cours de l'échantillonnage au niveau d'une plantation ;

$FS_{(e)}$: fréquence absolue de l'espèce considérée.

Ce calcul permet de distinguer 3 types d'espèces :

- Cs(e) < 1 : espèces non productrices ; ce sont des espèces dont l'effet dépressif sur les plantes est plus ou moins négligeable;
- 1 ≤ Cs(e) < 4 : espèces peu productrices; dont l'effet dépressif sur les plantes est relativement élevé, elles sont dites agressives;
- Cs (e) ≥ 4 : espèces très productrices; elles ont un effet dépressif particulièrement élevé sur les autres espèces et sont considérées comme très agressives.

3 RESULTATS

3.1 RICHESSE FLORISTIQUE

A la fin de nos inventaires, 30 relevés ont été effectués. Il a été recensé 61 espèces d'adventices hôtes sauvages de *Achaea catocaloides* Guenée. Ces espèces se répartissent en 55 genres et appartiennent à 32 familles. Les familles les plus représentées sont celles des Euphorbiaceae avec sept (7) espèces et des Fabaceae avec 6 espèces (figure 3). Au niveau du genre c'est le genre *Combretum* avec quatre (4) espèces qui est le plus représenté. La classe des Dicotylédones avec 30 familles soit 94 p.c de celles-ci représente 97 p.c des espèces recensées. Celle des Monocotylédones avec 2 familles représente 3 p.c des adventices. Les Euphorbiaceae comportent le plus d'espèces suivies de la famille des Fabaceae. Au cours des inventaires,

diverses adventices ont fréquemment été rencontrées. Six d'entre elles ont été observées dans toutes les plantations, ce sont: *Combretum racemosum*, *Deinbollia pinnata*, *Glyphaea brevis*, *Griffonia simplicifolia*, *Millettia zechiana*, *Securinega virosa* (tableau 1).

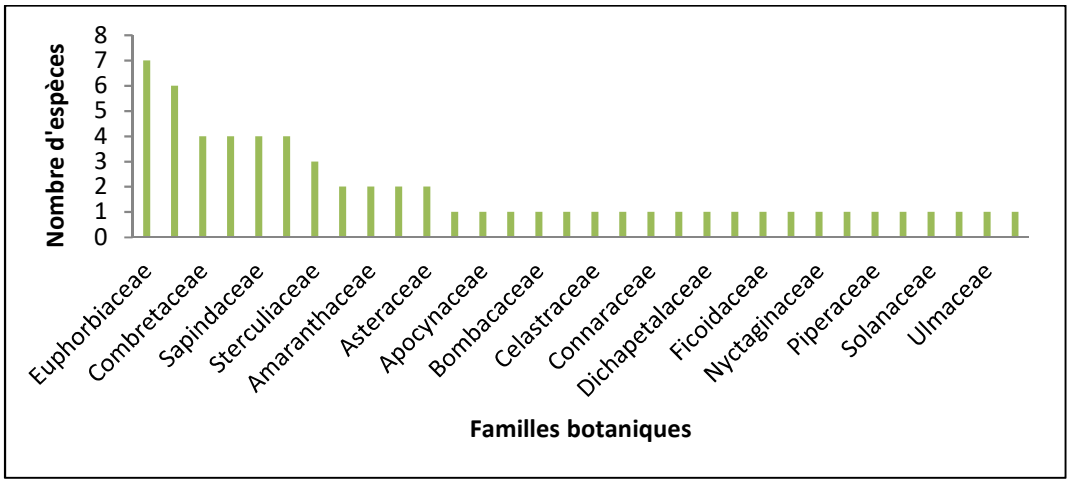


Fig. 3. Nombre des espèces en fonction des familles

Tableau 1. Les espèces les plus fréquemment observées

Espèces	Familles	Fréquences centésimales
Gongronema latifolium	Asclepiadaceae	83,33
Acridocarpus alternifolius	Malpighiaceae	86,67
Clerodendrum umbellatum	Verbanaceae	86,67
Ficus sur	Moraceae	86,67
Lecaniodiscus cupanioides	Sapindaceae	86,67
Combretum comosum	Combretaceae	90
Montandra guineensis	Apocynaceae	90
Chromolaena odorata	Asteraceae	93,33
Dalechampia ipomoeides	Euphorbiaceae	93,33
Telosma africana	Asclepiadaceae	93,33
Albizia zygia	Fabaceae	96,67
Baphia bancoensis	Fabaceae	96,67
Clerodendrum capitatum	Verbanaceae	96,67
Combretum racemosum	Combretaceae	100
Deinbollia pinnata	Sapindaceae	100
Glyphaea brevis	Tiliaceae	100
Griffonia simplicifolia	Fabaceae	100
Millettia zechiana	Fabaceae	100
Securinega virosa	Euphorbiaceae	100

3.2 CHOROLOGIE DES ESPECES

Le tableau 2 démontre que ce sont les espèces Guinéo-Congolaises (GC) qui dominent avec 73,77 p.c. des récoltes. Elles sont suivies des espèces Guinéo-Congolaises-SoudanoZambésiennes (GC-SZ) qui renferment 22,95 p.c. Les espèces endémiques au bloc forestier à l'Ouest du Togo (GCW) sont les moins représentées avec 3,28 p.c.

Tableau 2. Répartition des espèces en fonction des types phytogéographiques

Autres	Nombres	Pourcentages (%)
GC	45	73.77
GC-SZ	14	22.95
GCW	2	3.28
Total	61	100

3.3 TYPES BIOLOGIQUES DES ESPECES

La figure 4 montre que les hôtes sauvages recensés se répartissent dans sept types biologiques. Il s'agit des Mégaphanérophytes (MP), des Mésophanérophytes (mP), des Microphanérophytes (mp), des Nanophanérophytes (np), des Chaméphytes (Ch), des Géophytes (G) et des Thérophytes (Th). Cette figure représente le spectre des types biologiques de l'ensemble des vergers inventoriés. Les Microphanérophytes (mp) sont les types biologiques plus représentés dans les plantations avec 52 p.c des espèces identifiées, les Mésophanérophytes (mP) suivent avec 15 p.c des espèces. Les Géophytes (G) sont les moins représentés avec 2 p.c. Les Mégaphanérophytes (MP) répresentent 8 p.c et les Thérophytes (Th) 5 p.c. Enfin, les Chaméphytes et les Nanophanérophytes représentent respectivement 5 p.c et 13 p.c des espèces.

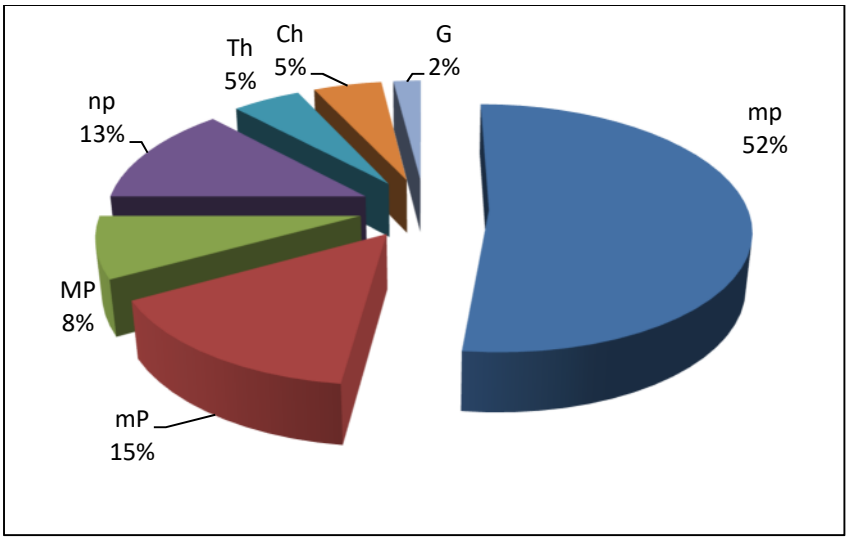


Fig. 4. Spectre des types biologiques des espèces recensées

3.4 TYPES MORPHOLOGIQUES DES ESPECES

Si les types biologiques indiquent le comportement adaptatif des végétaux, le type morphologique lui fait allusion à leur forme dans la nature. Le spectre représenté par la figure 5 montre que la majorité des adventices sont des lianes avec 37 p.c des espèces recensées. Ensuite, viennent les arbrisseaux/arbustes et les arbres avec respectivement 32 p.c et 20 p.c. Les herbes ne représentent que 9 p.c et le type sarmenteux n'est représenté que par une espèce soit 2 p.c.

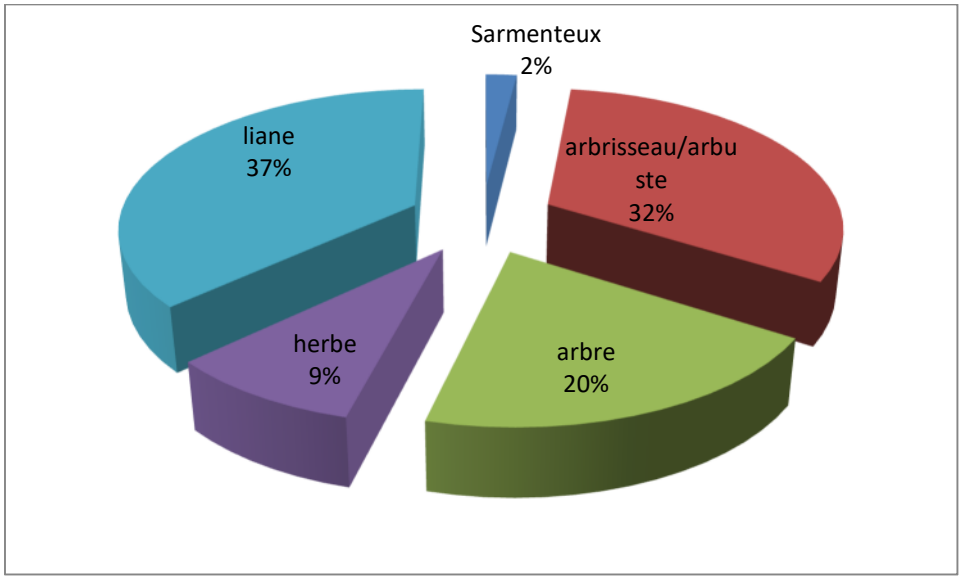


Fig. 5. Spectre des types morphologiques des espèces recensées

3.5 FREQUENCES

La détermination des fréquences absolue, relative et centésimale s'est faite pour toutes les espèces recensées. Les fréquences des espèces varient de 1 soit 3,33 p.c à 30 soit 100 p.c. Des espèces telles que *Milicia regia*, *Piper umbellatum* ont été rencontrées une seule fois alors que d'autres comme *Griffonia simplicifolia* et *Securinega virosa* l'ont été dans tous les champs (tableau 1). Sur les 61 adventices, 28 soit 45 p.c ont une fréquence supérieure ou égale à 50 p.c. La figure 6 montre qu'avec respectivement 12,2 p.c et 12,06 p.c, les arbrisseaux/arbustes et les lianes sont les plus fréquentes. Le type sarmenteux représenté par une espèce *Clerodendron capitatum* (Verbenaceae) est le moins fréquent.

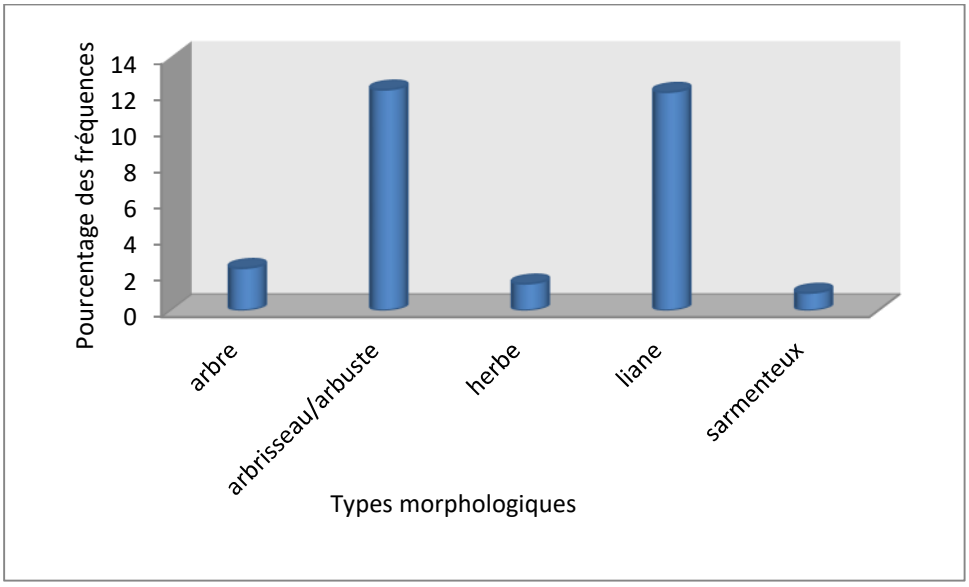


Fig. 6. Pourcentage des fréquences des types morphologiques

3.6 CONTRIBUTIONS SPECIFIQUES

La Contribution spécifique exprime l'amplitude de la dynamique et de l'agressivité d'une espèce dans une phytocénose, en rapport direct avec sa fréquence absolue. Elle a été calculée pour les 61 espèces inventoriées dans les plantations. Ces calculs

nous ont permis d'identifier deux groupes adventices (tableau 3). Selon la valeur de leur contribution spécifique, nous distinguons des espèces agressives et moins agressives. Celles-ci doivent être prises en compte tant dans la préservation que dans la lutte contre le nouvel ennemi du cacaoyer. Les espèces dites agressives ont une contribution spécifique supérieure à 1(tableau 3). Elles représentent avec 34 espèces 55,74 p.c des adventices recensées. Parmi celles-ci, on peut citer : *Clerodendrum capitatum*, *Combretum racemosum*, *Glyphaea brevis*, *Justicia flava*, *Ficus sur*… Le second rassemblant 27 espèces soit 45,26 p.c est le groupe des adventices les moins agressives. Leur contribution spécifique est inférieure à 1 (tableau 1) et parmi elles nous avons *Jatropha curcas*, *Mansonia altissima*, *Newbouldia laevis*, *Paullinia pinnata*, *Hippocratea africana*…

Tableau 3. Répartition des espèces en fonction de leur contribution spécifique

Contributions spécifiques	Nombre d'espèce	Pourcentages (pc)
Cs<1	27	44,26
1≤Cs<4	34	55,74
Total	61	100

4 DISCUSSION

La richesse floristique de l'inventaire mené dans les Départements de Toumodi et Taabo est de 61 espèces reparties en 55 genres appartenant à 34 familles. Le nombre espèces obtenues est le résultat de la spécificité de notre étude. En effet, nos inventaires se sont déroulés que dans des parcelles de cacaoyer et visaient une catégorie précise de plantes à savoir les hôtes sauvages de *Achaea catocaloides* Guenée. Cette spécificité réduit le type d'espèces à recenser, cela même si les champs offre une gamme plus élevée d'espèces adventices. Ce constat est confirmé par Y. R. Baka[13]. Cet auteur dont l'étude consistait à identifier les espèces hôtes intermédiaires de *Phytophtora* dans les cacaoyers de Soubré, a, pour 53 parcelles, recensé 92 espèces. Ces résultats sont sensiblement proches des nôtres. La diversité des adventices peut s'expliquer par leur situation géographique. Les adventices appartiennent aux Régions Guinéo-Congolaise et Guinéo-Congolaise Soudano-Zambézienne. Cette région qui s'étend de la Guinée à la Zambie renferme diverses zones de végétations distinctes influencées par la pluviométrie. Elle renferme les forêts humides, les forêts semi-caduques et les savanes arbustives. Notre milieu d'étude est une zone de transition savane-forêt. Il appartient donc à cette région décrite par C. G. Mittmeier [20] comme étant l'une des zones prioritaires de conservation de la biodiversité mondiale à cause de son haut degré d'endémisme. La diversité des familles, quant à elle, s'explique par le caractère polyphage des chenilles. Elles n'ont de ce fait pas de préférences alimentaires parmi la diversité des espèces présentes. Ces résultats confirment ceux d'A. Weill et J. Duval [21] qui affirment que les plantes-hôtes de chenilles se répartissent dans les familles botaniques les plus diverses regroupant souvent des espèces indigènes, lianes ou arbres de forêts.

La fréquence élevée des espèces arbustives/arborescentes et des espèces lianescentes peut s'expliquer par la pratique culturale des paysans et le caractère de plantes d'ombre du cacaoyer. L'agrosylviculture est une technique culturale beaucoup pratiquée dans la région. Les paysans associent leurs cultures aux espèces forestières qu'ils trouvent sur leur parcelle. Ces espèces leurs sont utiles dans certains cas car elles rentrent soit dans l'alimentation soit dans la cosmétique et la pharmacopée d'où leur abondance. Concernant les lianes, leur nombre et leur fréquence élevés sont dus au fait que les cacaoyers sont des plantes à feuillage recouvrant le sous-bois. Pour vivre dans ces conditions, les plantes doivent s'adapter. La forme lianescente est l'un des types morphologiques les mieux adaptés à ce genre d'environnement car leur appareil végétatif peut atteindre la canopée en grimpant sur des espèces voisines. Nos résultats vont dans le même sens que ceux de C. Y. Adou Yao [22]. Dans ses travaux, il montre que les jeunes plantations sont relativement bien diversifiées avec de nombreuses espèces épargnées appartenant à plusieurs familles de plantes. Cette diversité dans les jeunes espaces cultivés baisse de façon drastique lorsque les plantations vieillissent. Cette baisse est due d'une part à la disparition de façon naturelle des espèces car ne disposant plus des conditions idéales pour leur développement, d'autre part en subissant une destruction active de la part des cultivateurs. Le nombre élevé de lianes est confirmé par les travaux de T. A. Vroh Bi *et al.* [23] qui après avoir inventorié des parcelles de forêts, jachère et de culture, ont trouvé que c'est dans les cultures qu'on retrouvait le plus de lianes.

L'agroforesterie qui est une pratique culturale qui associe les cultures aux espèces forestières présente de nombreux avantages dont l'un des principaux est la conservation de la biodiversité et du couvert forestier. Cette pratique a néanmoins des inconvénients notamment dans notre étude où des espèces forestières sont des vecteurs de la chenille incriminée. En effet, selon la plupart des paysans les chenilles descendaient des grands arbres dans les champs pour attaquer les cacaoyers. Ces arbres laissés dans les champs peuvent donc être des portes d'entrée pour les ennemis du cacaoyer comme *Achaea catocaloides* Guenée. Cela confirme les travaux de T. A. Vroh Bi *et al.* [23]. Dans leur étude, ils ont noté que, les paysans des zones agricoles d'Agbaou détruisent diverses espèces arborescentes telles que *Triplochiton scleroxylon, Xylia evansii* et

Mansonia altissima. Ces espèces sont décrites par les paysans comme étant des hôtes potentielles d'insectes xylophages qui pourraient détruire les jeunes plants de cacaoyers ou de caféiers. Ils préfèrent donc laisser des espèces comme *Baphia nitida*, *Ceiba pentandra* et *Ricinodendron heudelotii* dans leurs plantations.

5 CONCLUSION

La cacao-culture est un pilier majeur de l'économie ivoirienne. Cependant, elle est soumise à d'importantes contraintes dont l'une des plus récentes est l'invasion de chenilles défoliatrices de cacaoyers. L'insecte incriminé est *Achaea catocaloides* Guenée, son action engendre une baisse considérable du rendement et affecte l'état sanitaire des vergers. La présence dans les champs des hôtes sauvages des plus diversifiés de ces chenilles amplifie ce fléau. Les résultats obtenus renseignent sur divers aspects qui favorisent l'invasion notamment la présence d'espèces arborescentes dans les plantations. Ce principal aspect a présidé le choix des moyens de lutte recommandés.

Le caractère spontané et l'importance des dégâts nécessitent des moyens de lutte appropriés. C'est ainsi, que nous recommandons qu'à court terme, certains grands arbres soit coupés. On pourra commencer par des espèces n'ayant pas de statut de conservation particulier. Cette lutte a certes pour inconvénient la réduction de la Biodiversité mais se présente comme celle réalisable dans l'immédiat. A long terme, nous proposons des moyens de lutte essentiellement préventifs. Ils visent à éviter une nouvelle invasion mais aussi à préparer une meilleure réponse en cas d'éventuelles nouvelles attaques. Nous préconisons donc les moyens suivants :

- mettre en place des comités de suivi dont le rôle sera de surveiller et informer le plus rapidement les personnes ressources en cas d'observation d'un symptôme ou d'insecte nouveau à caractère inquiétant dans les champs ;
- pour les champs de très grandes superficies songer aux nouvelles techniques d'arrosage artificiel afin de pallier aux problèmes causés par la perturbation de la pluviométrie liée aux changements climatiques;
- constituer une équipe de recherche pluridisciplinaire afin de mieux cerner le fléau pour trouver les moyens de luttes durables et plus efficaces.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les Directeurs Départementaux de l'Agriculture de Taabo et de Toumodi, les Chefs des villages visités et Mr KASSI Atta notre guide pour les moyens mis à notre disposition lors de nos travaux. Nous adressons nos sincères remerciements à la Direction Régionale du Conseil Café-Cacao du Lôh-Djiboua pour la considération et l'aide apportée. Nos remerciements vont également à l'endroit de tous les cacaoculteurs qui nous ont permis de travailler dans leurs plantations.

REFERENCES

[1] Anonyme, *Enjeux de l'économie cacaoyère ivoirienne,* 2018. http://www.cacao.gouv.ci/index.php?rubrique=1.1.6&langue=fr (18 avril 2018).
[2] International Cocoa Organisation (ICCO), Bilan de la conjoncture cacaoyère, 106e Réunion, 5-14 Juin 2000, Londres, 9p, 2000.
[3] CNRA, Lutte contre la chenille *Achaea catocaloides* Guenée, Guide d'information, 6 p, 2016.
[4] CCC, Rapport de la situation des chenilles ravageuses dans les départements de Divo-Taabo-Tiassalé, 1p, 2016.
[5] MINADER, Compte-rendu de réunion technique n°193 du 14 Juillet 2016, 4 p, 2016a.
[6] MINADER, Rapport du suivi du programme de lutte contre les attaques des chenilles, n°203 de Juillet 2016 du MINADER/DD-TAA, 5p, 2016b.
[7] L. M. Nageleisen, J. Pinon, P. Frey, B. Marçais, H. Frochot, F. Ningre, L. Wehrlen et J. P. Renaud, «Végétation accompagnatrice et agresseurs biotiques», *Revue forestière française*, vol. 54, no 6, pp. 577-583, 2002.
[8] Anonyme, 2016. www.agnebytiassa.ci (29 Juin 2016).
[9] D. Simale, Diversité floristique et usages du miel en zone de transition forêt-savane de Côte d'Ivoire : cas du milieu apicole de Toumodi. Master de spécialité, l'UFR BIOSCIENCES de l'Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire, 81p, 2015.
[10] K. K. J. M. Pria, Etude petro-structurale des formations géologiques de la Région est de Toumodi, (centre de la Côte d'ivoire), Master de spécialité de l'UFR STRM de l'Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire, 69p, 2014.
[11] P. Cochereau, « Contrôle biologique naturel des papillons piqueurs de fruit », *Fruits*, vol. 28, no 5, pp. 367-375, 1973.
[12] G. Lebreton et T. Le Bourgeois, Analyse comparée de la flore en culture d'ananas et de canne à sucre à la Réunion. Document technique et de recherche, Montpellier : CIRAD, 15 p., 2005.

[13] Y. R. Baka, Adventices hôtes intermédiaires de *Phytophthora spp* du cacaoyer (*Theobroma cacao* L., Sterculiaceae) dans la Région de Soubré au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire, Master de spécialité de l'UFR BIOSCIENCES de l'Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire, 54p., 2015.

[14] A. Touré, L.M.D. Adou, K.F. Kouamé and, J. Ipou Ipou, « Dynamique d'infestation de la forêt classée de Sanaimbo par les adventices à partir des agroécosystèmes environnants. » *Tropicultura* vol. 34, no 4, pp. 361-374, 2016.

[15] S. Raunkiaer, « Types biologiques pour la géographie botanique. », *Bull. Acad. R. Sc. Danemark*, vol. 5, pp. 347-437, 1905.

[16] G. Mangenot, « Données élémentaires sur l'angiospermie. », *Ann. Univ. Abidjan*, Série E-VI, Fascicule 1, 233 p., 1973.

[17] L. Ake-Assi, *« Flore de la Côte d'Ivoire: Catalogue systématique, biogéographique et écologique. Mémoire de Botanique systématique.* », BOISSIERA 58, Tomes II, 401p, 2002.

[18] L. Ake-Assi, Flore de la Côte d'Ivoire : Etude descriptive et biogéographique avec quelques notes ethnobotaniques. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles. Faculté des Sciences et Techniques, Université Nationale, Abidjan, Côte d'Ivoire, 665p, 1984.

[19] N. F. Kouamé, Influence des exploitations forestières sur la végétation et la flore de la forêt classée du haut sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse doctorat 3eme cycle UFR BIOSCIENCES. Université de Cocody, Abidjan, 227p, 1998.

[20] C.G. Mittermeier, A. Russell, N. Myers, and P.R. Gil, "*Hotspots: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions*." CEMEX, 431p, 1999.

[21] A. Weill et J. Duval, Répression des ennemis des cultures, chap. 19, «Maladies et Ravageurs » Guide de gestion globale de la ferme maraichère biologique et diversifiée, *Equitère*, 1-19p, 2009.

[22] C. Y. Adou Yao, Pratiques paysannes et dynamiques de la biodiversité dans la forêt classée de Monogaga (Côte d'Ivoire), Thèse Doctorat unique, Département Hommes Natures et Société, Université MNHN, Paris, 233 p., 2005.

[23] T. A. Vroh Bi, D. Ouattara, K. B. Kpangui et K. E. N'guessan, « Diversité végétale et valeur pour la conservation de la réserve botanique d'Agbaou en création, Centre-ouest, Côte d'Ivoire, » *Journal of Animal & Plant Sciences*, vol.20, no 1, pp 3034-3047, 2013.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1834-1848
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

In vitro study of the compatibility of six fungicides with two strains of *Trichoderma asperellum*, biocontrol agents used against cacao black pod disease in Cameroon

Messi Lin Marcellin[1], Manga Essouma François[1], Voula Audrey Valteri[2], Essouma Marie-Josephe Endali[1], and B.A.D. Begoude[1]

[1]Institute of Agricultural Research for Development, Regional Biocontrol and Applied Microbiology Laboratory, PO Box. 2067, Yaoundé, Cameroon

[2]Institute of Agricultural Research for Development Central Entomology Laboratory, PO Box. 2067, Yaoundé, Cameroon

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

ABSTRACT: In Cameroon, mycoparasitic strains of *T. asperellum* used in biocontrol of cocoa black pod disease have shown inconsistencies in their effectiveness. One possibility to optimize their performances is within the frames of the integrated management programme involving a combination of chemical and biological control methods. However, implementation of such an approach strongly relies on the compatibility between the biocontrol agents and the conventional synthetic fungicides. This study aimed to assess *in vitro* the compatibility between two antagonistic strains of *T. asperellum* (PR11 and PR12) and six fungicides (Ridomil, Penncozeb, Beauchamp, Nordox, Golden Blue and Kocide) approved and regularly used to control *P. megakarya*. These strains were cultured on PDA media supplemented with five different concentration levels (0, 0.01, 0.1, 10 and 100 % of the recommended field dose) of the above-cited fungicides. Effects on conidial germination, vegetative growth and conidial production were measured to evaluate the compatibility between the tested fungicides and the *T. asperellum* strains. Results showed an almost complete inhibition of conidial germination for the highest concentrations for all the fungicides. Vegetative growth and conidiogenesis were also significantly affected by the recommended field dose for all tested fungicides. The physiological parameter index used to classify compatibility showed that all tested fungicides are incompatible with both strains of *T. asperellum* at recommended field doses. According to the results reported in this study, the synthetic fungicides used to reduce the incidence of cocoa black pod disease have negative effects on both antagonistic *T. asperellum* strains PR11 and PR12. This suggests that their use in conjunction with *T. asperellum* as part of a disease control scheme would only be possible at sub-optimal concentrations.

KEYWORDS: fungicide, biocontrol agent, compatibility, cocoa, *Phytophthora megakarya*.

1 INTRODUCTION

Agriculture is one of the major sectors of the Cameroonian economy. Among the agricultural products of economic importance, cocoa is an essential income source for more than 400 000 farmers in Cameroon [1]. Cameroon is the 5th world cocoa producer with more than 230 000 tonnes produced yearly [2]. Despite this performance, this figure remains low, yet the ecological potential provides conditions for a better production. One of the reasons justifying this level of production is the prevalence of diseases; among which cocoa black pod disease caused by *Phytophthora megakarya* is the most important [3]. Annual losses in yield can reach 100 % in absence of any control measures [4].

Control strategies to reduce disease incidence mostly rely on the use of copper- and metalaxyl-based synthetic fungicides ([5]; [6]). Although effective, chemical control is costly and has negative impacts both on the environment and human health ([7]; [8]; [9]; [10]). Moreover, in spite of efforts to genetically improve the ability of cocoa trees to resist the disease, no genotype fully resistant to *P. megakarya* has been identified so far [11]. Phytosanitation, particularly removal of diseased pods, is unable to ensure full protection of the orchards [4]. Biological control, with e.g. the use of plants extracts as *Thevetia peruviana* and *Azadirachta indica* ([10];[13]), or antagonistic fungi of the genus *Trichoderma* ([114] and [15];[16]; [17];[18]), is a promising alternative that is attracting significant attention as an environmentally-friendlier way to combat cocoa black pod disease, and in particular when part of an integrated control strategy ([19]; [20] and [20]; [21]; [22]). .

Corresponding Author: B.A.D. Begoude

In Cameroon, mycoparasitic strains of *Trichoderma asperellum* are used as biocontrol agents against several plant pathogens ([23]; [24]; [25]; [18]). However, their effectiveness is reported to be variable ([26]; [24]). Such variability may be caused by fluctuating and unfavourable environmental conditions that could affect the efficiency of the biocontrol agent and slow down the infection process of the pathogen ([27]; [28]). Strategies involving a combination of biocontrol agents and low doses of fungicides are able to attenuate the performance variability of antagonistic strains while at the same time enhancing their efficiency ([28]). Moreover, besides improving the intrinsic capacities of the biocontrol agents, the pathogen can also be stressed and weakened through the application of sub-lethal doses of chemicals making it more sensitive to the attacks of the antagonistic organism ([29]; [30]; [31]; [32]). However, it is vital to ascertain beforehand that the concentrations of fungicides used do not impair the viability, development and virulence of the antagonistic agents [33].

In Cameroon, a wide range of synthetic fungicides are employed in cocoa production [5]. Within the perspective of coming up with a control strategy that includes beneficial microorganisms such as fungi of the genus *Trichoderma*, it is essential to examine the compatibility of biocontrol agents with those synthetic fungicides that are routinely used to control cocoa black pod disease. Therefore, this study evaluated the *in vitr*o impact of six commercial fungicides approved for *P. megakarya* control on some key stages of the life cycle (i.e. conidial germination, vegetative growth and conidiogenesis) of two *T. asperellum* strains (PR11 and PR12) also used to control the same pathogen, and thereby to assess their compatibility.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 FUNGUS MATERIAL

The *T. asperellum* strains PR11 and PR12 used in this study were obtained from the collection of the Regional Biocontrol and Applied Microbiology Laboratory of IRAD (Institute of Agricultural Research for Development). The strains were isolated from soil samples collected in food crop fields in Cameroon, characterized molecularly [34], and their antagonistic activities regarding *P. megakarya* and *P. myriotylum* - pathogens responsible for the black pod disease of the cocoa (*Theobroma cacao* L) and root rot disease of the cocoyam (*Xanthosoma* spp), respectively - were reported ([23]; [24]; [25]). For long-term preservation, the strains were kept in tubes on Potato Dextrose Agar medium (PDA; Merck Darmstadt, Germany) and covered with 10 ml of paraffin oil. For daily use, the strains were cultured on PDA medium in Petri dishes at ambient temperature.

2.2 EFFECT OF FUNGICIDES ON CONIDIAL GERMINATION

Six synthetic fungicides approved for use in Cameroon were tested in this study. They are listed in Table 1 along with their main specificities. The two *T. asperellum* strains were cultured in Petri dishes containing PDA medium to which was added, at different concentrations, one of each fungicide. The PDA + fungicide medium was prepared by transferring 25 ml of fungicide suspension at the relevant concentration into an Erlenmeyer flask containing 225 ml of liquid PDA cooled to 50 °C. The mixture was homogenized, and then poured into 90 mm diameter Petri dishes. For each fungicide, concentrations were prepared on the basis of the recommended field application dosage in g/l (Table 1). Thereafter, the following dilutions were tested for each fungicide (v:v; medium:fungicide): 0, 0.01, 0.1,10 and 100 % the manufacturer's recommended field dosage (X) [35]. Petri dishes without fungicide were also prepared and used as control.

Table 1. The fungicides tested in vitro and their characteristics.

Fungicide (trade name)	Active ingredient (%)	Mode and site of action	Chemical class	Recommended field dose (X)	Manufacturing company
Ridomil Gold Plus 66 (WP)	6% Metalaxyl 60% copper oxide	Systemic 1	Acylamine	3.33 g/ l	Syngenta
Penncozeb 80 (WP)	4% Metalaxyl 80% Mancozeb	Systemic 1+M	Dithiocarbamate	3.33 g/ l	Syngenta
Beauchamp 72 % (WP)	8% Metalaxyl 64% Mancozeb	Systemic 1+M	Acylamine + Dithiocarbamate	3.33 g/ l	Zhejiang heben pesticide and chemical Co
Kocide 2000 (WP)	53.8% copper hydroxide	Contact M	Fixed copper complex	4 g/ l	Du Pont de Nemours
Golden-Blue pentahydrate copper sulphate 98.5 %; (SG)	98.5 %copper sulphate	Contact M	Copper complex	6 g/ l	ADER
Nordox 75 (WG)	86 % copper oxide	Contact M	Fixed copper	2.66 g/ l	ADER

***WP**: Wettable powder; **SG**: Soluble granules; **WG**: Water-dispersible granules; **1**: single site fungicide; **M**: multi sites fungicide.*

To assess germination, 10 ml of sterile distilled water were added to a Petri dish containing a five-day-old *T. asperellum* culture. The conidia were then delicately scraped from the surface of the culture and the resulting conidial suspension was transferred into an Erlenmeyer flask along with one drop of tween 80, and then agitated in a vortex mixer for 10 s. The concentration of the suspension was then adjusted to 1.10^5 conidia/ml using a hemocytometer. After dilution, 1 ml of the suspension was sampled with a pipette and spread with a glass spatula over the PDA+fungicide. Three Petri dishes per tested concentration level were used per fungicide and per strain. Petri dishes containing the conidial suspension on fungicide-free PDA medium were used as controls. The Petri dishes were sealed with parafilm and incubated at ambient temperature. After 12 h of incubation, three 1-cm^2 areas were randomly delimited inside each Petri dish and observed under a compound light microscope at 10X magnification. At each field of view, all conidia were counted and the percentage of germination (GR) was calculated. A conidium was considered germinated when the germ tube length at least equalled conidium diameter. The whole experiment was repeated twice.

2.3 EFFECT OF FUNGICIDES ON VEGETATIVE GROWTH

In order to estimate the colonies' vegetative growth rates on artificial media, a 9-mm diameter disc of each strain of *T. asperellum,* cut from a 5-day-old culture was deposited in the centre of a Petri dish containing the media prepared as described above. Care was taken to reverse the disc so that the mycelium came into contact with the PDA-fungicide medium. The Petri dishes were then sealed with parafilm and incubated at ambient temperature. For each combination of strain, fungicide and fungicide dose, 5 Petri dishes were used and the whole experiment was conducted three times. The diameter of the colony in the centre of each Petri dish was measured daily along two perpendicular axes for 7 days. The area under the mycelial growth curves (AUMGCs), expressed in mm^2/day, was calculated for each treatment and repetition as the area under the curve of mean colony diameter over time according to the following formula:

$$AUMGC=\sum_{i=1}^{n}[(t_{i+1}-t_i)(y_{i+1}+y_i)/2]$$

Where y is the mean diameter (mm) at i^{th} observation, t_i is the time (days) at the i^{th} observation and *n* is the total of number of observations.

2.4 EFFECT OF FUNGICIDES ON CONIDIAL PRODUCTION

The number of conidia produced was estimated on the 7^{th} day post-inoculation. Ten ml of sterile distilled water were added to each Petri dish used in the experiment. The conidia were then carefully scraped off with a scalpel, and the resulting suspension was transferred to an Erlenmeyer flask containing 90 ml of sterile distilled water. This was then firmly shaken to obtain a homogeneous suspension. In order to quantify the number of conidia produced by the fungus, four 1 µl samples of the suspension were successively taken and deposited on a hemocytometer. The conidia were counted under a compound light microscope at 10X magnification, and the mean number of conidia per observation was recorded.

2.5 ASSESSMENT OF THE COMPATIBILITY OF THE SYNTHETIC FUNGICIDES WITH THE BIOCONTROL AGENTS

[33] proposed a biological index (BI) to classify the toxicological effects of chemical compounds on fungi cultured *in vitro* on a solid medium. The index is calculated using the mean germination percentage (GR), sporulation (SP) and the vegetative growth of the fungal colonies as compared with the control. BI values are computed using the following formula:

$$BI = [47 \times (VG) + 43 \times (SP) + 10 \times (GR) / 100]$$

Alves et al. (2007) classified the values of BI as below:

- BI > 66, compatible
- 42 < BI <66, moderately toxic
- BI < 42, toxic

2.6 DATA PROCESSING AND STATISTICAL ANALYSES

The data obtained from the various tests were transformed prior to statistical analyses. Arcsine, $\ln(x+1)$ and $\log_{10}(x+1)$ transformations were applied to germination, vegetative growth and sporulation data, respectively. Analyses of variance (ANOVA) of the transformed data were carried out using the SAS software (version 9.1). In case of significant differences, Student-Newman-Keuls tests were applied to classify the effects of the various factors (α=0.05).

3 RESULTS

3.1 EFFECTS OF RIDOMIL ON THE GERMINATION, VEGETATIVE GROWTH AND CONIDIAL PRODUCTION OF THE ANTAGONISTIC STRAINS OF *T. ASPERELLUM*

The measured parameters - i.e. germination, growth and conidial production - on the strains PR11 and PR12 of *T. asperellum* were affected to various degrees by the different tested doses of Ridomil. Conidial germination of both strains was affected by this fungicide. Compared to the controls, a significant reduction (P <0.0001) of the germination percentage was observed for concentrations >1% X and >10% X in PR11 and PR12, respectively (Fig. 1a and 1b). At the recommended field concentration and 12 h after inoculation germination of both strains was still totally inhibited. Regarding mycelial growth, strain PR12 did not grow at the highest concentration (100% of the recommended field dose) whereas strain PR11 grew at all tested concentrations. However, the vegetative growth of both strains was significantly reduced (P <0.0001) at concentrations ≥ 10% X (Fig. 1c and 1d). The quantity of conidia produced by the two strains followed the same trend as the vegetative growth: no conidia were produced by strain PR12 at the highest concentration, and, when compared to the control, a significant reduction of conidial production was observed for strain PR11 (Fig. 1e and 1 f). The biological index values ranged from 6.97 to 107.9 for PR11, and from 0 to 119.27 for PR12 (Table 2). Ridomil was not compatible with either strain at the recommended field application dosage and only becomes compatible at concentrations ≤ 0.1% X.

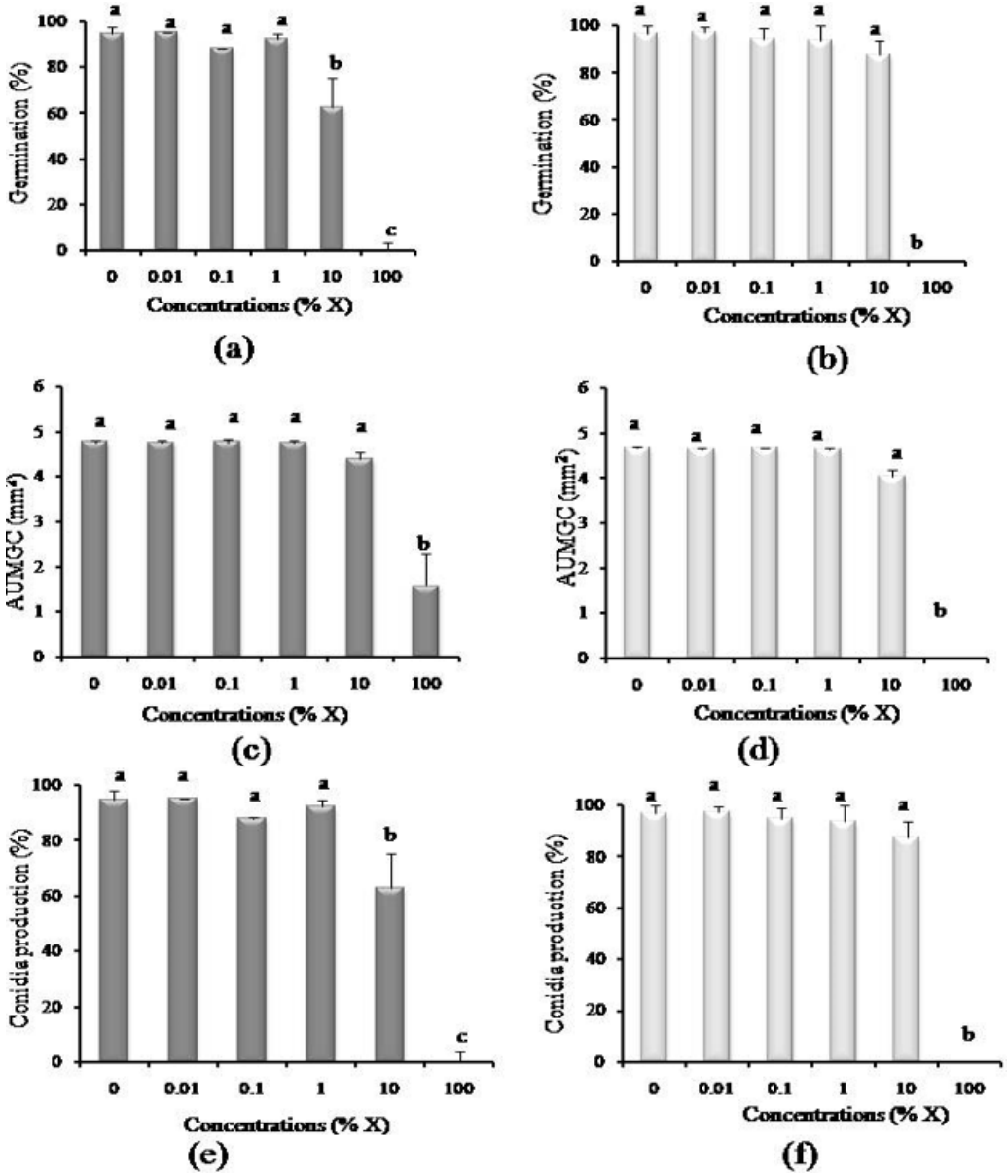


Fig. 1. Germination (a and b), vegetative growth (c and d) and number of conidia produced (e and f) by the strains PR11 and PR12 of T. asperellum on culture media amended with different concentrations of Ridomil. Bars topped by a same letter are not significantly different (P<0.05). Vertical error bars represent the standard deviation of the difference between means.

3.2 EFFECTS OF PENNCOZEB ON THE GERMINATION, VEGETATIVE GROWTH AND CONIDIAL PRODUCTION OF THE ANTAGONISTIC STRAINS OF *T. ASPERELLUM*

Germination rates of both PR11 and PR12 were affected by the various doses of the fungicide Penncozeb, but only concentrations ≥ 1% X resulted in a significant reduction (P <0.0001) of the germination percentage when compared with the controls (Fig. 2a and 2b). Mycelial growth was observed at all tested concentrations of Penncozeb for both strains, 7 days after inoculation, yet significant differences (P<0.0001) were noticed at concentrations > 0.1% X and > 10% X for PR11 and PR12, respectively (Fig. 2c and 2d). Conidial production of both strains was affected by the various concentrations, with recorded inhibition levels ranging from 8% to 65% in comparison with the controls. PR12 exhibited a significant reduction (P <0.0001) of conidial production at the recommended field concentration only, the number of conidia produced by PR11 was significantly lower than the control at all concentrations ≥ 1% X (Fig. 2e and 2f).

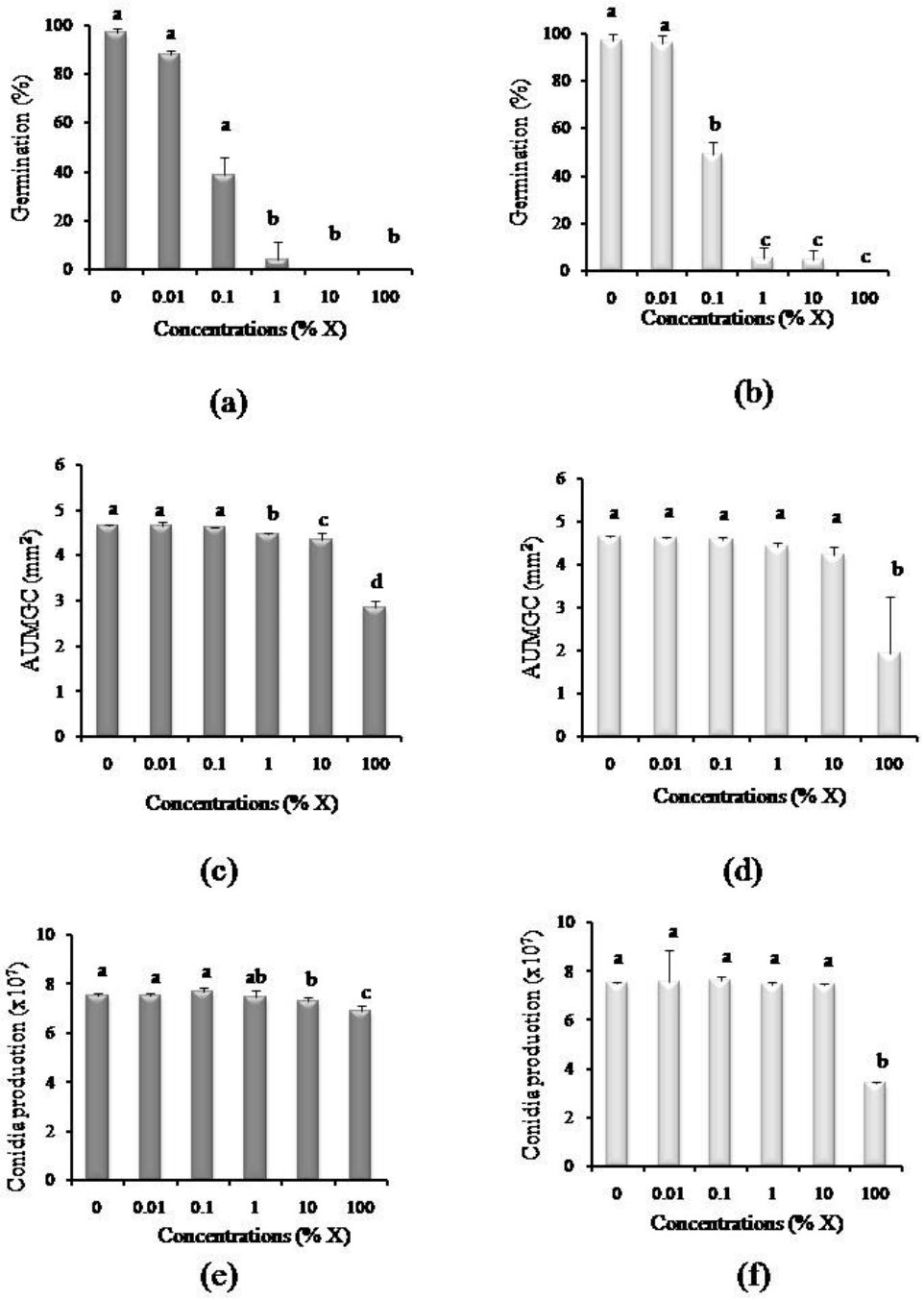


Fig. 2. Germination (a and b), vegetative growth (c and d) and number of conidia produced (e and f) by the strains PR11 and PR12 of T. asperellum on culture media amended with different concentrations of Penncozeb. Bars topped by a same letter are not significantly different (P<0.05). Vertical error bars represent the standard deviation of the difference between means.

The BI-values obtained with Penncozeb ranged from 23 to 114.43 for PR11, and from 11.53 to 105.65 for PR12 (Table 2). The lowest BI-values were obtained at the highest concentration (100% X) indicating that, this fungicide can only be considered compatible with both strains if doses are below the commercial recommendation.

Table 2. Computed values of the biological index (BI) of the tested fungicides with the strains PR11and PR12 of T. asperellum.

Fungicide	Strain	Fungicide concentration (% X)				
		100%	**10%**	**1%**	**0.1%**	**0.01%**
Ridomil	PR11	6.97	66.01	107.83	107.9	92.36
	PR12	0	77.26	90.19	119.27	113.52
Penncozeb	PR11	23	71.75	89.94	114.43	96.91
	PR12	11.53	77.1	86.03	99.23	105.65
Beauchamp	PR11	13.18	44.85	69.33	112.97	151.62
	PR12	11.99	56.23	94.12	146.41	237.08
Kocide	PR11	27.89	81.45	104.84	102.29	100.1
	PR12	26.91	118.65	146.81	170.45	190.96
Golden-Blue	PR11	0	40.78	69.76	130.88	156.24
	PR12	0	53.69	122.92	187.9	202.65
Nordox	PR11	10.02	60.82	95.66	119.46	163.71
	PR12	2.7	102.5	139.75	149.24	201.17

3.3 EFFECTS OF BEAUCHAMP ON THE GERMINATION, VEGETATIVE GROWTH AND CONIDIAL PRODUCTION OF THE ANTAGONISTIC STRAINS OF *T. ASPERELLUM*

Conidial germination of the antagonistic *T. asperellum* PR11 and PR12 strains was affected by the different concentrations, with inhibition rates ranging from 80% to 100%. In both strains, conidial germination was significantly (P <0.0001) inhibited by concentrations ≥ 1% X when compared to the controls: no conidial germination was observed 12 h after inoculation at these doses (Fig. 3a and 3b). Vegetative growth of PR11 and PR12 was significantly (P <0.0001) affected at 100% X only (Fig. 3c and 3d).

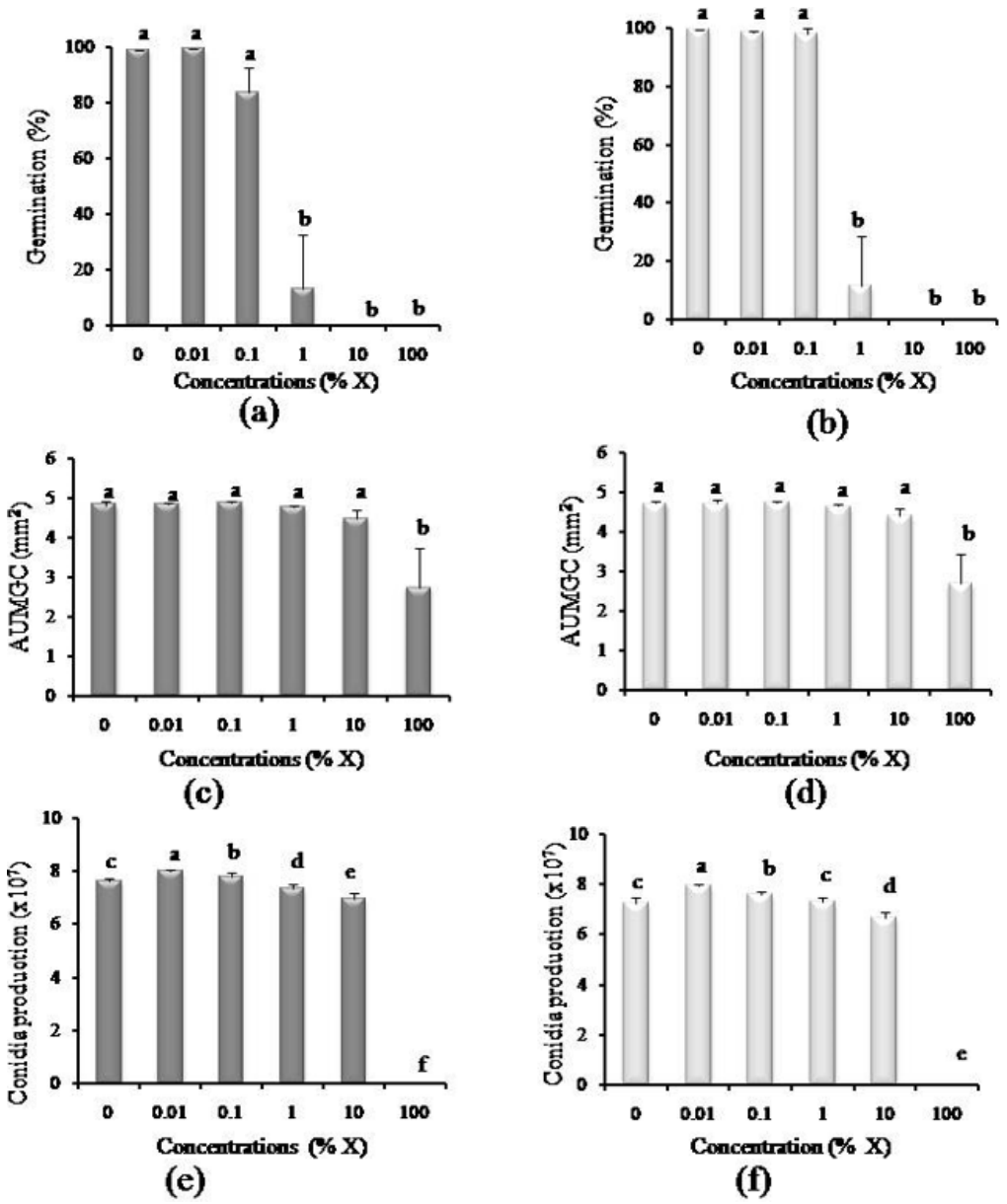


Fig. 3. Germination (a and b), vegetative growth (c and d) and number of conidia produced (e and f) by the strains PR11 and PR12 of T. asperellum on culture media amended with different concentrations of Beauchamp. Bars topped by a same letter are not significantly different (P<0.05). Vertical error bars represent the standard deviation of the difference between means.

Conidial production was recorded at all tested concentrations except the highest. At these concentrations, the analysis of variance showed that conidial production for both strains differed significantly (*P* <0.0001) from that of the controls. The highest sporulation rate was obtained at the 0.01% X dosage in both strains. The BI-values increased with decreasing concentrations of the fungicide and ranged from 13.18 to 151.62 for PR11 and from 11.99 to 237.08 for PR12 (Table 2). Beauchamp was compatible with both strains only at concentrations below 10% X.

3.4 EFFECTS OF KOCIDE ON THE GERMINATION, VEGETATIVE GROWTH AND CONIDIAL PRODUCTION OF THE ANTAGONISTIC STRAINS OF *T. ASPERELLUM*

In the culture media supplemented with Kocide, conidial germination of both strains was noticed at all tested concentrations 12 h after inoculation (Fig. 4a and 4b). However, conidial germination of PR11 was significantly (*P* <0.0001) affected at all concentrations >1% X, whereas for PR12, only the 1% X and the 100% X concentrations had a significant (*P* <0.0001) impact on the germination percentage. No negative effect on the vegetative growth of both strains cultured on media supplemented with Kocide was recorded, except at the recommended field concentration (100% X), which induced an inhibition of nearly 50% in comparison with the controls (Fig. 4c and 4d). Conidial production was observed at all concentrations for both strains. The number of conidia produced by PR11 was significantly (*P* <0.0001) higher at a concentration of 0.01% X

whereas sporulation was lowest at the highest concentrations (Fig. 4e). Similarly, for PR12, the sporulation rate was significantly (P <0.0001) higher at 0.01% X concentration and lowest in the controls and at the highest concentration tested (Fig. 4f).

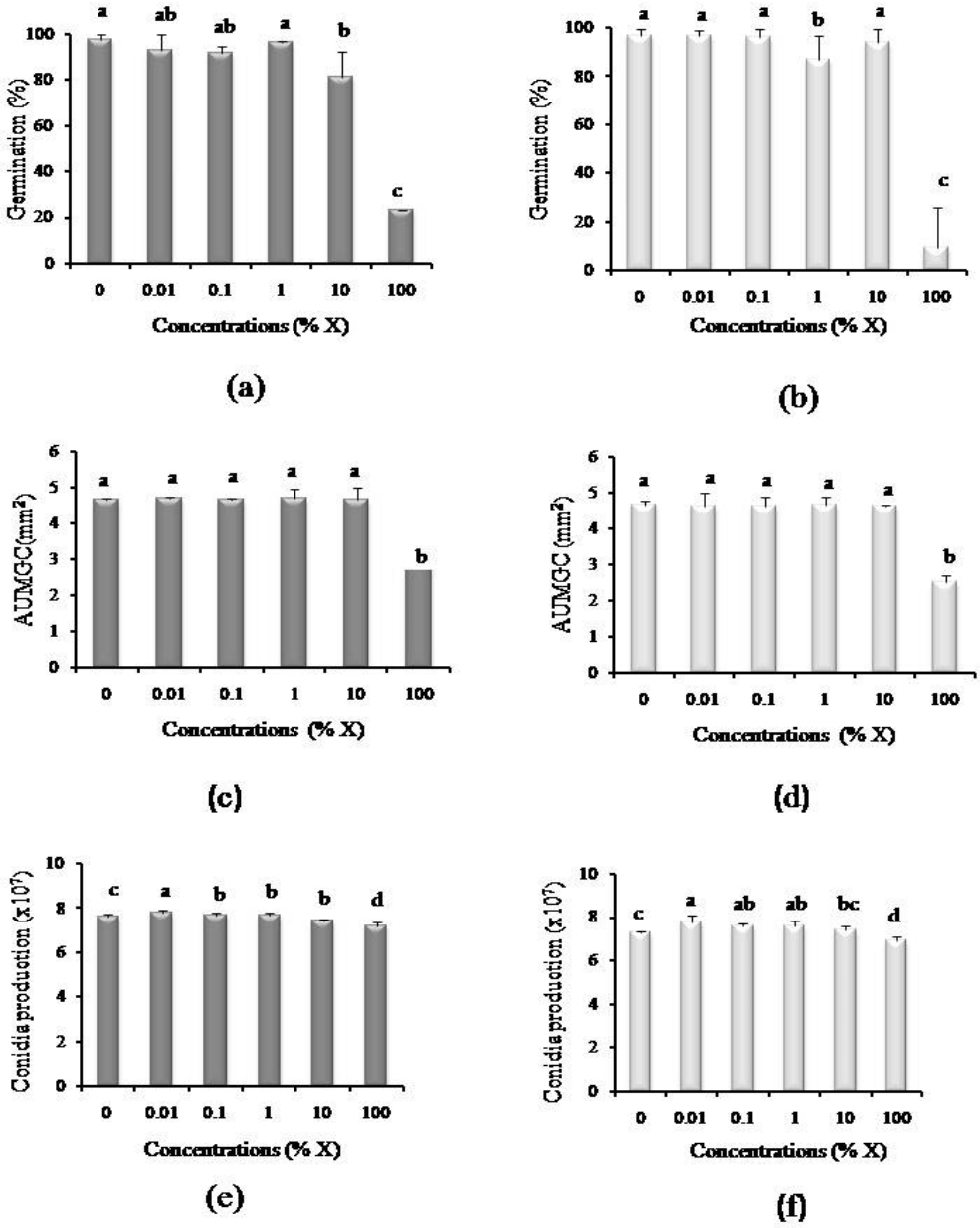


Fig. 4. Germination (a and b), vegetative growth (c and d) and number of conidia produced (e and f) by the strains PR11 and PR12 of T. asperellum on culture media amended with different concentrations of Kocide. Bars topped by a same letter are not significantly different (P<0.05). Vertical error bars represent the standard deviation of the difference between means.

The BI-values calculated for each concentration range from 27.89 to 124.77 in the case of PR11 and from 26.91 to 190.96 for PR12 (Table 2). The lowest BI-values being observed for the highest fungicide dose (100% X) indicated that Kocide is only compatible with the PR11 and PR12 when applied at concentrations below the recommended field concentration.

3.5 EFFECTS OF GOLDEN BLUE ON THE GERMINATION, VEGETATIVE GROWTH AND CONIDIAL PRODUCTION OF THE ANTAGONISTIC STRAINS OF *T. ASPERELLUM*

The germination of the *T. asperellum* strains PR11 and PR12 was significantly (P <0.0001) reduced on media containing the fungicide Golden Blue at concentrations ≥10% X, on which the inhibition varied between 20% and 100% in comparison to the controls (Fig. 5a and 5b). Similarly, the vegetative development of both strains was significantly (P <0.0001) reduced in presence of Golden Blue at concentrations ≥ 10% X, resulting in an approximately 15% to 100% inhibition in comparison with the controls (Fig. 5c and 5d). This fungicide had a significant (P <0.0001) positive effect on the conidial production of both strains at 0.01%

X and 0.1% X (Fig. 5e and 5f), but had a significant adverse effect on the conidial production of PR11 at concentrations ≥1% X, and on that of PR12 at 10% X and 100% X.

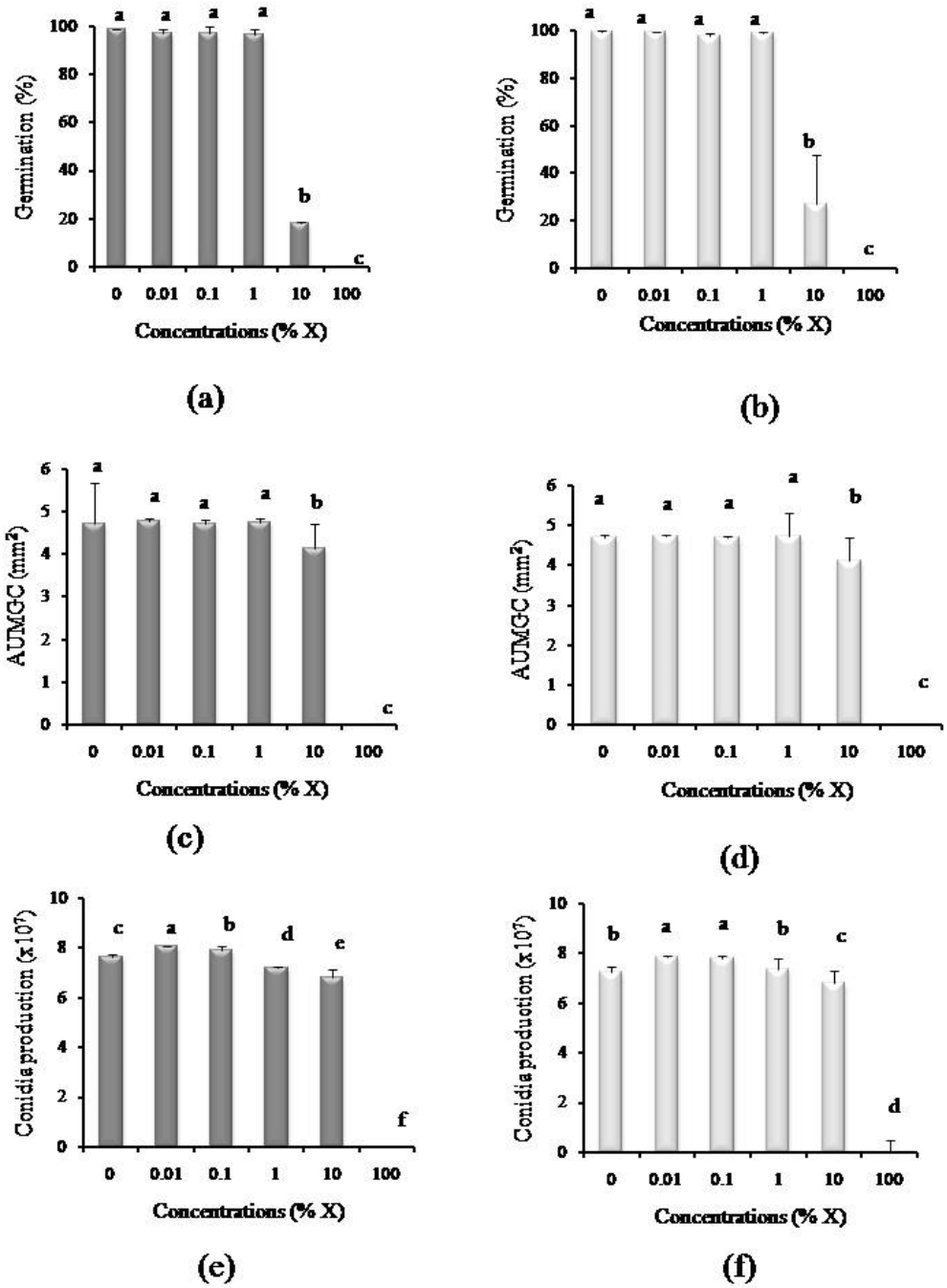


Fig. 5. Germination (a and b), vegetative growth (c and d) and number of conidia produced (e and f) by the strains PR11 and PR12 of T. asperellum on culture media amended with different concentrations of Golden Blue. Bars topped by a same letter are not significantly different (P<0.05). Vertical error bars represent the standard deviation of the difference between means.

The BI-values ranged from 0 to 156.24 for PR11 and from 0 to 202.65 in the case of PR12, indicating that concentrations ≤ 1% X only are compatible with the PR11 and PR12 strains (Table 2).

3.6 EFFECTS OF NORDOX ON THE GERMINATION, VEGETATIVE GROWTH AND CONIDIAL PRODUCTION OF THE ANTAGONISTIC STRAINS OF *T. ASPERELLUM*

The germination percentage of the strain PR11 was only significantly (*P* <0.0001) affected by the recommended field concentration of Nordox, at which germination was completely inhibited. Regarding strain PR12, germination was significantly (*P* <0.0001) reduced at the 10% X and totally inhibited at 100% X (Fig. 6a and 6b). Concerning the vegetative growth compared

to the controls, PR11 exhibited a significantly (*P* <0.0001) smaller growth on media containing ≥ 10% X, whereas the vegetative growth of PR12 was significantly (*P* <0.0001) affected only at the recommended field concentration (Fig. 6c and 6d).

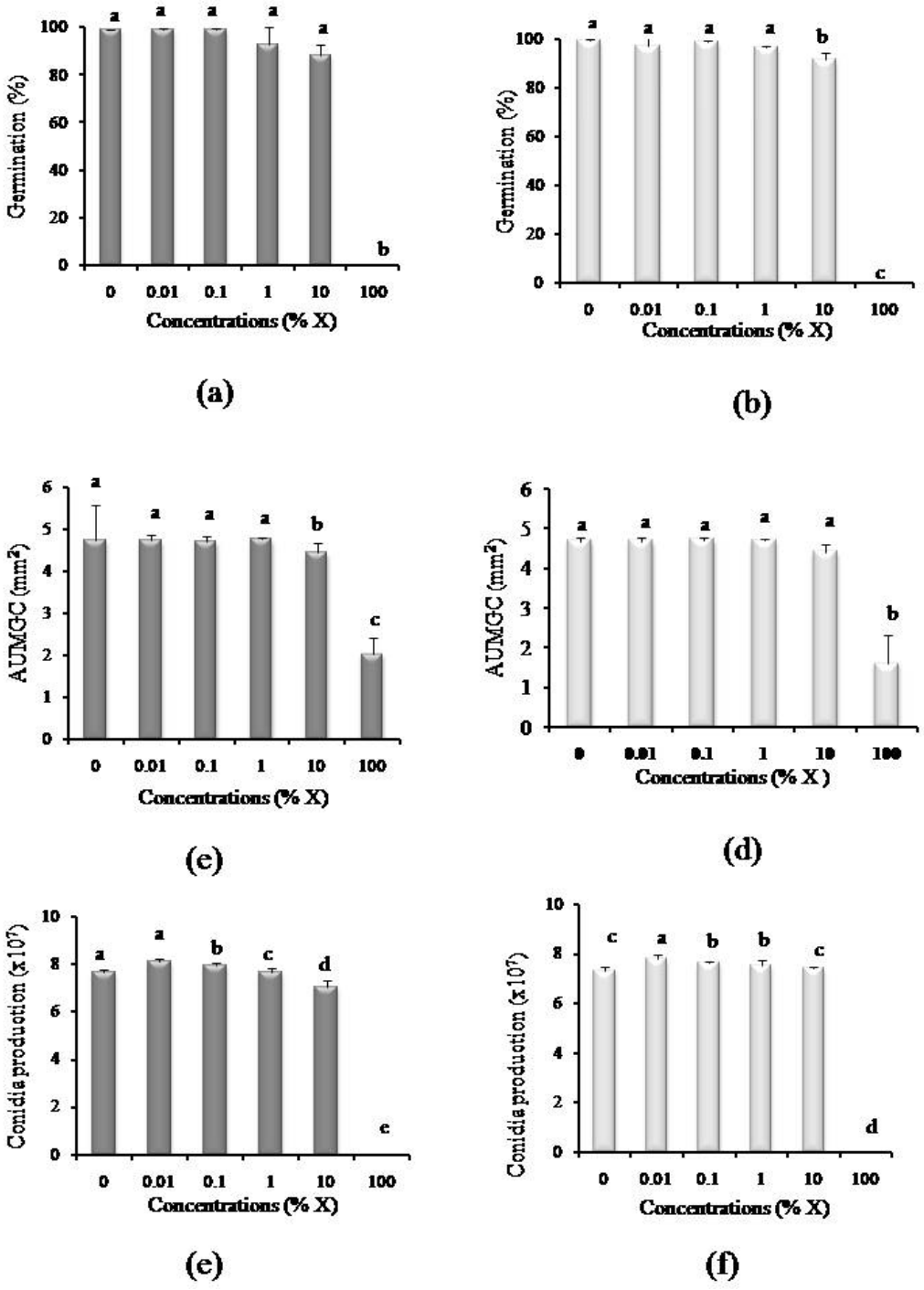


Fig. 6. Germination (a and b), vegetative growth (c and d) and number of conidia produced (e and f) by the strains PR11 and PR12 of T. asperellum on culture media amended with different concentrations of Nordox. Bars topped by a same letter are not significantly different (P<0.05). Vertical error bars represent the standard deviation of the difference between means.

A significantly (*P* <0.0001) positive effect on conidial production was noticed in the strain PR11 at 0.01% X and 0.1% X, whereas the 10% X concentration had a significant (*P* <0.0001) negative effect. For PR12, significant (*P* <0.0001) positive effects on conidial production were recorded between 0.001% X and 1% X. However, both strains exhibited a complete absence of conidial production on media supplemented with Nordox at the recommended field concentration. The BI-values varied between 10.02 and 163.71 for PR11 and between 2.70 and 201.17 for PR12. Therefore, except the recommended field concentration, all concentrations were compatible with both strains (Table 2).

4 DISCUSSION

Spraying systemic or contact synthetic fungicides is the primary component of management programmes for cocoa black pod disease in Cameroon ([5]; [6]). However, given the noxious effects of such chemical compounds on the environment and human health, developing control strategies which help reduce or in the long-term even eliminate the dependence of chemical control is necessary. An alternative such as biological control could provide additional management tools to supplement existing control means [37]. With this in mind, research is being carried out in Cameroon to develop a biological formulation with conidia of mycoparasitic strains of *T. asperellum*, as active ingredient. One of the most promising possibilities to optimize the performances of *Trichoderma* biocontrol agents is within the frame of integrated management programmes based on the combined application of physical, chemical and biological control methods ([38]; [39]). However, before introducing a *T. asperellum* bioformulation in the technological package of an integrated management programme against e.g. black pod disease of cacao, it is necessary to ascertain whether these biocontrol agents are compatible with conventional synthetic fungicides. Several examples of research assessing the compatibility of a number of *Trichoderma* spp. with low doses of commercial fungicides frequently used to control diseases on crops can be found in the literature (onions: [40]; wheat: [41]; tea: [42];[43]; soil born pathogen:[44];[45];[46];[47]; tea: [48]; mandarin-pepper-coffee: [49]; soil born pathogen: [50]). Our study is the first to explore the in vitro compatibility of *T. asperellum* with those fungicides used in cocoa production in Cameroon. Our results show that these fungicides produce very similar effects on the antagonistic strains PR11 and PR12 in terms of conidial germination, vegetative growth and conidial production,

In our study, at the field dose as recommended by the manufacturer, all fungicides tested, except Kocide, induced a complete inhibition of conidial germination in both PR11 and PR12 strains 12 h after inoculation. A significant reduction of the germination percentages was moreover observed with the fungicides Penncozeb and Beauchamp above 1% of the field dose, and above 10% with Golden Blue. Penncozeb and Beauchamp share the same active ingredient that is mancozeb (80% and 64% respectively) and their field recommended concentrations are also the same whereas Golden Blue is made up with 98.5% pentahydrate copper sulphate with the highest field recommended concentration (Table 1). The adverse effects of mancozeb on the conidial germination of *T. harzianum* were underlined by [40]. A depressed germinating ability of the conidia of some Hyphomycetes (such as *Beauveria bassiana*) was also reported by [51] in experiments with mancozeb and several copper-based fungicides. Their research uncovered the capacity of fungicides to induce a hydrophobic reaction detrimental to conidial viability and germination. The biological action of strains of *T. asperellum* tested in this study uses a mechanism essentially based on mycoparasitism ([23]; [25]). Since conidial germination is the first stage of the development cycle of these fungi, it is critical for the proper colonization of the host structures and the environment [52]. This suggests that inhibiting germination would likely have a severe impact on the effectiveness of strains of *T. asperellum* [28].

The effects of the fungicides on the vegetative development of strains PR11 and PR12 of *T. asperellum* varied according to the dose applied. Furthermore, inhibition rates increased gradually with tested concentrations. This result fully agrees with findings from previous studies involving the entomopathogenic fungus *B. bassiana* exposed to different fungicide concentrations ([53]; [54]). We also observed that the fungi's vegetative growth was less affected by the fungicides than their conidial germination. According to [55], the effects of pesticides in the environment decrease with time. Although we have no information on the stability of the tested fungicides in the culture medium used, the observed discrepancy in the reactions of the *T. asperellum* mycelia and conidia to the same concentrations of fungicide is probably partly due to differences in the duration of their exposition ([56]; [57]). Mycelia remained in contact with the fungicides for 7 days whereas conidial germination was assessed only 12 h after inoculation. Differences in conidial germination and vegetative growth sensitivity to a same chemical substance has already been reported in other Hyphomycetes such as *Verticillium lecanii* [58], *Metarrhizium anisopliae* ([59]; [54]), *Paecilomyces fumosoroseus* [56], *Dactylaria higginsii* [57], *Trichoderma harzianum* [60] and *Trichoderma viride* [50]. This suggests that the action of the fungicides used was much more static than destructive for the germination of the conidia. It is thus essential to take the time factor into consideration when assessing the effects of fungicides on fungi [56].

The production of conidia or spores is a key stage of the development cycle of fungi in general, and of fungal biocontrol agents in particular [52]. Once the mycelial colonization of the host or the environment is achieved, sporulation is the stage that determines whether the fungus is capable not only of perpetuating itself, but also of initiating secondary infections through the conidia released ([33]; [27]). Since the degree of sporulation of a given fungus partly reflects its capacity to survive, taking this parameter into consideration is crucial when conducting investigations on the effects of fungicides approved for cocoa production on biocontrol agents. In our study, the conidial production by the strains PR11 and PR12 of *T. asperellum* was practically not affected by the fungicides tested, except when these were used at their recommended field dose, in which case the levels recorded were significantly lower than in the controls. The observed deficit in the conidial production of the tested strains of *T. asperellum* is a logical consequence of the complete or partial inhibition of the conidial germination and/or mycelial development at the highest concentrations of fungicide. These results are consistent with findings from studies involving

mycorrhizal strains of *Glomus intraradices* [52], entomopathogenic strains of *B. bassiana* (([61]; [62]) and *Trichoderma harzianum* [49].

Three systemic fungicides using different modes of action were tested in this study. Ridomil is an acylalanine fungicide that affects fungi by inhibiting RNA synthesis. Penncozeb is mainly made up of mancozeb (80%), which is a dithiocarbamate fungicide and has an inhibitory action on multiple sites in fungus cells ([63]; [45]; [64]; [49]). Beauchamp is a combination of acylalanine and dithiocarbamate fungicides. While dithiocarbamates are considered non-specific, acylalanines have a moderately wide spectrum of action and are almost exclusively active against Oomycetes [51]. The impact of acylamines and dithiocarbamates on key stages (such as conidial germination and mycelial growth) of the development cycle of fungal biocontrol agents has been investigated [61]; [40]; [51]; [65]; [37]; [57]; [66]; [60]; [47]; [39]; [50]). In our study, the influence of systemic fungicides on conidial germination, mycelial growth and conidial production of the antagonistic strains PR11 and PR12 of *T. asperellum* became conspicuous only at the recommended field concentration. The most severe effects were recorded with Beauchamp, in particular on conidial germination, which was significantly inhibited at concentrations ≥ 1% X. This is consistent with the biological index values computed from our data, according to which the systemic fungicides tested are compatible with the strains of *T. asperellum* at concentrations of up to 10% of the recommended field dose.

All contact fungicides tested in this study belong to the same chemical class, that of inorganic compounds, their active ingredient being either copper hydroxide (Kocide), copper sulphate (Golden Blue) or copper oxide (Nordox). Copper-based preparations have a broad spectrum of activity and are therefore liable to have a detrimental impact on the antagonistic activity of the biocontrol agents ([62]; [49]). Among the contact fungicides tested, Golden Blue was highly fungitoxic at the commercially recommended field dose and inhibited all the monitored stages of the development cycle. Nordox and Kocide had less noxious effects. The incompatibility potential between copper sulphate and several Hypocreales species has already been reported [62]; whereas on the other hand [42], and [49] showed that *T. harzianum* is compatible with copper oxide and copper hydroxide fungicides at similar concentrations. The calculated biological index values indicated that Nordox and Kocide are both compatible with the strains of *T. asperellum* at concentrations of up to 10% of the recommended field dose, whereas Golden Blue must be further diluted to be compatible.

5 CONCLUSION

Our study shows that the synthetic fungicides used to reduce the incidence of cocoa black pod disease have detrimental effects on the strains PR11 and PR12 of *T. asperellum* antagonistic. Consequently, their application in disease management programme where *T. asperellum* is involved would only be possible if the concentrations applied are sub-optimal. Moreover, although the laboratory findings presented here cannot be expected to totally predict the effects of the fungicides under field conditions, the information obtained can nonetheless be used to develop recommendations regarding the application of synthetic fungicides. Since *T. asperellum* is considered as a biocontrol agent, tests in the real conditions of cocoa production are necessary in order to validate the results of this study.

ACKNOWLEDGMENT

The authors are grateful to the Regional Biocontrol and Applied Microbiology Laboratory, IRAD for providing the logistic as well as financial support to this research activity.

REFERENCES

[1] Jagoret, P. and Nyassé, S. 2003. Intensification raisonnée du verger de cacaoyer Camerounais par l'identification des systèmes de productions compétitifs et durables, Rapport annuel scientifique et technique 2003 IRAD/ CIRAD, projet Mise au point des systèmes de cacaoculture compétitifs et durables en Afrique FSP 2000. 137 p.

[2] ICCO, 2016, ICCO Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, International Cocoa Organization, XLII (3), cocoa year 2015/16 Published: 31-08-2016.

[3] Guest, D. 2007. Black pod: Diverse pathogens with a global impact on cocoa yield, Phytopathology 97: 1650-1653.

[4] Ndoumbe-Nkeng, M., Cilas, C., Nyemb, E., Nyasse, S., Bieysse, D., Flori, A., and Sache, I., 2004, Impact of removing diseased pods on cocoa black pod caused by *Phytophthora megakarya* and on cocoa production in Cameroon, *Crop Protection* 23: 415-424.

[5] Matthews G., Wiles T., and Baleguel P., 2003. A survey of pesticide application in Cameroon. *Crop Protection* 22: 707–714.

[6] Sonwa D. J., Ousmane Coulibaly., Weise F. S., Akinwumi Adesina A. and Jaddens M. J. J., 2008. Management of cocoa: Constraints during acquisition and application of pesticides in the humid forest zones of southern Cameroon. *Crop Protection* 27: 1159-1164.

[7] He Z. L., Yang X.E., and Stoffella P. J., 2005. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elemements in Medecine and Biology* 19: 125–140.

[8] Ten Hoopen, G.M., Sounigo, O., Babin, R., Yede, Dikwe, G., and Cilas, C., 2010. Spatial and temporal analysis of a *Phytophthora megakarya* epidemic in a plantation in the centre region of Cameroon. *Proceedings of the 16th International Cocoa Research Conference (ISBN 978-065-959-5)*, pp 683- 687.

[9] Mfegue, C.V., Herail, C., Adreit, H., Mbenoun, M., Techou, Z. Ten Hoopen, M., Tharreau, D., and Ducamp. M., 2012. Microsatellite markers for population studies of *Phytophthora megakarya* (Pythiaceae), a cacao pathogen in Africa. *American J. Bot.* pp. 353–356.

[10] Pokhare S. S., Berliner J., Adak T., Kumar U., and Mukherjee A., 2015. Entomopthogenic Nematodes: Insect biocontrol agents. *Indian Farm.* 65: pp. 20-23.

[11] Efombagn M.I.B., Marelli J.P., Ducamp M., Cilas C., Nyasse S. and Vefonge D., 2004. Effect of fruiting traits on the field resistance of cocoa (*Theobroma cacao* L.) clones to *Phytophthora megakarya*. *Journal of Phytopathology* 152: 557–562.

[12] Ambang Z., Ngoh Dooh J.P., Essono G., Bekolo N., Chewachong G., and Asseng C.C., 2010. Effect of Thevetia peruviana seeds Extracts on in vitro growth of four strains of Phytophthora megakarya. *Plant Omics journal* 3(3): 70-76.

[13] Mboussi S.B., Ambang Z., Ndogho A., Ngoh Dooh J.P., and Manga Essouma F., 2016. *In vitro* Antifungal Potential of Aqueous Seeds Extracts of *Azadirachta indica* and *Thevetia peruviana* against *Phytophthora megakarya* in Cameroon. *Journal of Applied Life Sciences International*, 4(4): 1-12.

[14] Mpika J. 2010. Isolement et identification de microorganismes indigènes de cacaoyères et mise en évidence de leurs effets antagonistes vis-à-vis de *Phytophthora palmivora*, agent de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. Thèse unique de Physiologie végétale. UFR de Biosciences. Université de Cocody, 261 p

[15] Mpika J., Kebe B.I., and N'Guessan K.F., 2011. Isolation and identification of indigenous microorganisms of cocoa farms in Côte d'Ivoire and assessment of their antagonistic effects vis-à-vis *Phytophthora palmivora*, the causal agent of the black pod disease, Biodiversity Loss in a Changing Planet, PhD. Oscar Grillo (Ed.), InTech. pp 303-318

[16] Reithner B., Mach-Aigner A.R., Herrera-Estrella A.,and Mach L.R., 2014. Trichoderma atroviride transcriptional regulator Xyr1 supports the induction of systemic resistance in plants. *Appl Env Microbiol*. 80 :5274–5281.

[17] Thakkar A.,and Saraf M., 2015. Development of microbial consortia as a biocontrol agent for effective management of fungal diseases in Glycine max L. Arch Phytopathol Plant Protect. 48:459–474.

[18] Tchameni Nguemezi Severin, Sameza Modeste Lambert, O'donovanb Anthonia, Fokom Raymond, Ngonkeu Mangaptche Eddy Léonard, Nana Wakam Louise, ETOA Francois-Xavier, NWAGA Dieudonné, 2017. Antagonism of *Trichoderma asperellum* against *Phytophthora megakarya* and its potential to promote cacao growth and induce biochemical defence. *Mycology: An International Journal on Fungal Biology*. DOI: 10.1080/21501203.2017.1300199.

[19] Holmes K. A. and Schroers H. J., Thomas S. E., Evans H. C. and Samuels G. J., 2004.Taxonomy and biocontrol potential of a new species of *Trichoderma* from the Amazon. *Mycology Proceeding* 3: 199-210.

[20] Krauss U., and Soberanis W., 2001. Rehabilitation of diseased cacao fields in Peru through shade regulation and timing of biocontrol measures. *Agroforestry Systems* 53: 179–84.

[21] Hamed Eman R., Hassan M. A., Ghazi E. A., El-Gamal N. G., and Shehata H. S., 2015. *Trichoderma* sp. isolated from salinity soil using rice straw waste as biocontrol agent for cowpea plant pathogens. *J. Appl. Pharma. Sci.* 5: pp. 91-98.

[22] Triveni S., Prasanna R., Kumar A., Bidyarami N., Singh R., and Saxena A. K., 2015. Evaluating the promise of *Trichoderma* and *Anabaena* based biofilms as multifunctional agents in *Macrophomina phaseolina*-infected cotton crop. *Biocont. Sci. Technol.* 25: pp. 656-670.

[23] Tondje P. R., Roberts D. P., Bon M. C., Widmer T., Samuels G. J., Ismaiel A., Begoude B. A. D., Tchana T., Nyemb-Tshomb E., Ndoumbe-Nkeng M. , Bateman R., Fontem D. and Hebbar K. P., 2007. Isolation and identification of mycoparasitic isolates of *Trichoderma asperellum* with potential for suppression of black pod disease of cacao in Cameroon. *Biological Control* 43: 202-212.

[24] Deberdt P., Mfegue C. V., Tondje P. R., Bon M. C., Ducamp M., Hurard C., Begoude B. A. D., Ndoumbe-Nkeng M., Hebbar P. K. and Cilas C., 2008. Impact of environmental factors, chemical fungicide and biological control on cacao pod production dynamics and black pod disease (*Phytophthora megakarya*) in Cameroon. *Biological Control* 44: 149-159.

[25] Mbarga J. B., Ten Hoopen G. M., Kuaté J., Adiobo A., Ngonkeu M. E. L., Ambang Z., Akoa A., Tondje P. R. and Begoude B. A. D., 2012.*Trichoderma asperellum*: a potential biocontrol agent for *Pithium myriotylum*, causal agent of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) root rot disease in Cameroun. *Crop protection* 36, 18-22.

[26] Begoude B. A. D., Lahlali R., Friel D., Tondje P. R. and Jijakli M. H., 2007. Response surface methodology study of combined effects of temperature, pH, and aw on growth rate of *Trichoderma asperellum*. *Journal of Applied Microbiology* 103: 845-854.

[27] Wraight S.P., Inglis G.D., Goettel M.S.,2007.In Lacey L.A., and Kaya H.K., Field manual of techniques in invertebrate pathology. Springer, Dordrecht, 255-282.

[28] Schumacher V., and Poehling H. M., 2012. In vitro effect of pesticides on germination, vegetative growth, and conidial production of two strains of *Metarhizium anisopliae. Fungal biology* 116: 121-132.

[29] Locke J. C., Marois J. J. and Papavizas G. C., 1985. Biological control of *Fusarium* wilts of greenhouse grown *Chrysanthemus*. *Plant disease* 69: 167-169.

[30] Hjeljord L.G. and Tronsmo A., 1998. *Biological control with Trichoderma Species*. *In* Plant- Microbe Interactions and Biological Control. Boland, G.J., Kuykendall, L.D.(eds). Marcel Dekker, Inc., New york. pp 111-126.

[31] Clarkson J.P., Scrulby A., Mexu A., Wright C., Smith B. and Whipp J.M., 2006. Integrated control of Allium white rot with *Trichoderma viride*, Tebuconazol and composted anian wast. *Plant Pathology* 55: 375-386.

[32] El Komy Mahmoud H. A. A., Saleh A., Eranthodi and Molan Y. Y., 2015. Characterization of novel *Trichoderma asperellum* isolates to select effective biocontrol agents tomato *Fusarium* wilt. *Plant Pathol. J.*, 31: pp 50-60.

[33] Alves S.B., 1998. *Fungos entomopatogenicos*. In: Alves SB (ed.), Controle Microbiano de Insetos, 2nd edn. FEALQ, Sao Paulo, pp. 269-289.

[34] Samuels G. J., Bon M. C., De Respinis S. and Petrini O., 2010. *Trichoderma asperellum sensu lato* consists of two cryptic species. *Mycologia* 102 (4): 944-966.

[35] Luque J., Pera J., and Parlade J., 2008.Evaluation of fungicides for the control of *Botryosphaeria corticola* and Cork aok in Catalonia (NE Spain). *Forest Pathology* 38: 147-155.

[36] Alves S.B., Haddad M.L., Faion M., de Baptista G.C., and Rossi-Zalaf L.S., 2007. Novo ındice biologico para classificacao da toxicidade de agrotoxicos para fungos entomopatogenicos. In: X SICONBIOL, 2007, Brasılia Anais do X Siconbiol.

[37] Fravel D. R., Deahl K. L. and Stommel J. R., 2005. Compatibility of the biocontrol fungus *Fusarium oxysporum* strain CS-20 with selected fungicides. *Biological Control* 34: 165-169.

[38] Kredics L., Antal Z., Manczinger L., Pénzes Z., Szekeres A., Kevei F. and Nagy E., 2003. Influence of environmental parameters on *Trichoderma* strains with biocontrol potential. *Journal application microbiology* 96: 491-498.

[39] Nowara A., Mohamed and Radwan M. A., 2017. Impact of pesticides on *Trichoderma harzianum* and on its possible antagonistic activity against *Fusarium oxysporum* under *In vitro* conditions. *Asian J. Agri. & Biol.* 5(4):291-302.

[40] McLean K. L., Hunt J. and Stewart A., 2001. Compatibility of the Biocontrol Agent *Trichoderma harzianum* C52 with selected Fungicides. *New Zealand Plant Protection* 52: 84-88.

[41] Roberti R., Badiali F., Pisi A., Veronesi A., Pancaldi D., and Cesari A., 2006. Sensitivity of *Clonostachys rosea* and Trichoderma spp. As potential biocontrol agents to pesticides. *Journal Phytopathology* 154 : 100-109.

[42] Sarkar S., Narayanan P., Divakaran A., Balamurugan A., and Premkumar R., 2008.The *in vitro* effect of certain fungicides, insecticides, and biopesticides on mycelia growth in the biolcontrol fungus *Trichoderma harzianum*. *Turkey Journal Biology* 34: 399-403.

[43] Hanada R.E., Pomella A.W.V., Soberanis W., Loguercio L.L., and Pereira J.O., 2009. Biocontrol potential of *Trichoderma martiale* against the black-pod disease (*Phytophthora palmivora*) of cacao. *Biological Control* 50: 143-149.

[44] Madhusudhan P., Gopal K., Haritha V., Sangale U. R. and Rao S.V.R.K, 2010. Compatibility of *Trichoderma viride* with fungicides and efficiency against *Fusarium solani*. *J. Pl.* Di.s. *Sci.* 5(1)*:* 23 – 26.

[45] Leonides Castellanos Gonzales, Maria E. Lorenzo Nicao, Berta Lina Muino, Ricardo Hernandez Perez, Dagoberto Guillen Sanchez, 2015. *In vitro* effect of comercial pesticides on trichoderma harzianum strain A- 34. *Rev. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, Universidad Nacional de Cuyo. 47(2) : 185-196.

[46] Dhanya M.K., Anjumol K.B., Murugan M. and Deepthy K.B., 2016. Compatibility of *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* with plant protection chemicals and fertilizers in cardamom. *Journal of Tropical Agriculture* 54(2): 129-135.

[47] Manjunah M., Singh A., Tripathi A. N., Prasanna R., Rai A. B., and Singh B., 2017. Bioprospecting the fungicides compatible *Trichoderma asperellum* isolate effective against multiple plant pathogens *in vitro*. *Journal of Environmental Biology*, 38: pp 553-560.

[48] Dutta J., and Thakur D., 2017. Evaluation of multifarious plant growth promoting traits, anatagonistic potential and phylogenetic affiliation of rhizobacteria associated with commercial tea plants grown in Darjeeling, India. *PLoS ONE*, 12(8), e0182302.

[49] Priti Sonavane and Venkataravanappa, 2017. Compatibility Studies of *Trichoderma harzianum* Isolate with Fungicides used against Soil Borne Disease in Coorg Mandarin-Pepper-Coffee Plantations. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences,* 6(8): 346-354.

[50] Rahul Kumar, Singh S.K., Shikha Yadav, Raushan Kumar, Anup Kumar Choubey and Anupam Kumari, 2018. Compatibility of *Trichoderma viride* with different fungicide and organic cake. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2): 2398-2401

[51] Kouassi M., Coderre D. and Todorova S.I., 2003. Effects of the timing of application on the incompatibility of three fungicides and one isolate of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycotina). *Journal Applied Entomology*. 127, 421-426.

[52] Zocco D., Fontaine J., Lozanova E., Renard L., Bivort C., Durand R., Grandmougin-Ferjani A. and Declerck S., 2008. Effects of two sterol biosynthesis inhibitor fungicides (fenpropimorph and fenhexamid) on the development of an arbuscular mycorrhizal fungus. *Mycological Research* 112: 592-601.

[53] Majchrowicz I., and Poprawski R., 1973. Effects in vitro of nine fungicides on growth of entomopathogenic fungi. *Biocontrol Science Technology*. 3: 321-336.

[54] Shah F. A., Ansari M. A., Watkins J., Phelps Z., Cross J. and Butt T. M., 2009. Influence of commercial fungicides on the germination, growth and virulence of four species of entomopathogenic fungi. *Biocontrol Science Technology* 19, 743-753.
[55] Griffin D.H., 1994. *Fungal physiology*. Wiley-LISS, New York, USA.
[56] Er M.K. and Gokce A., 2004. Effects of selected pesticides used against Glasshouse Tomato pests on colony growth and conidial germination of *Paecilomyces fumosoroseus*'. *Biological Control*, 31: 398-404.
[57] Yandoc B., Rosskope E. N., Pitelli R.L.C.M. and Charudattan R., 2006. Effect of selected pesticides on conidial germination and Mycelial Growth of Dactylaria higginsii, a potential bioherbicide for Purple Nutsedge (*Cyperus rotundus*). *Weed technology,* 20: 255-260.
[58] Hall R.A., 1981. Laboratory studies on the effects of fungicides, acaricides and insecticides on the entomopathogenic fungus, *Verticillium lecanii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata,* 29: 39-48.
[59] Pachamuthu P., Kamble S. and Yuen G., 1999. Virulence of *Metarrhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) strain ESC-1 to the German cockroach (*Dictyoptera: Blattellidae*) and its compatibility with insecticides. *Journal Economics Entomology* 92: 340-346.
[60] Charan Singh, Nevadita Sharma, Bhawna Roop Singh, 2016. *Trichoderma harzianum:* mass multiplication and its interaction with different fundicides. *Journal of Biotechnology and Biosafety*, 4(1), 332-338.
[61] Jarros-Su J., Groden E., Zhang J., 1999. Effects of selected fungicides and timing of application of *Beauveria bassiana* induced mortality of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) *Biological Control,* 15, 259-269.
[62] Martins F., Soares M. E., Oliveira I., Pereira A., Bastos M. L. and Bapista P., 2012. Tolerance and Bioaccumulation of Copper by the Entomopathogen Beauveria bassiana (Bals.-Criv.) Vull. Exposed to Various Copper-Based Fungicides. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 89, 53-60.
[63] Mills A.A.S., Platt H.A. and Hurta R.A.R., 2004. Effect of salt coumpounds on mycelia growth, sporulation and spore germination of various Potato pathogens. *Postharvest biological technology,* 34, 341-350.
[64] Padmaja G., Uma Devi G., Kanaka Mahalakshmi B. and Sridevi D., 2015. Compatibility of phylloplane microflora of taro and fungicides in managing *Phytophthora colocasiae*. *Society for Scientific Development in Agriculture and Technology Meerut (U.P.) INDIA and Progressive Research – An International Journal,* 10(Special-III): 1437-1440.
[65] Wyss G. S., Charudattan R., Rosskopf E. N., and Littell R. C., 2002. Effects of selected pesticides and adjuvants on Germination and Vegetative Growth of *Phomospsis amaranthicola*, a biological agent for *Amaranthus spp. European Weed Research,* 44, 469-482.
[66] Wang H., Sun H., Ma J., Stammler G., and Zhou M., 2009. Fungicide Effectiveness during the Various Developmental Stages of *Peronophythora litchi in vitro. Journal phytopathology,* 157, 407-412.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1849-1858
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Variation des teneurs en composés phénoliques au cours de la maturation des fruits de *Grewia coriacea*

[Variation in phenolic compound contents during ripening of *Grewia coriacea* fruits]

Okandzé MBAMA[1], Joseph MPIKA[1], Marcel ANDZOUANA[2], and ATTIBAYÉBA[1]

[1]Laboratoire de Physiologie et Production Végétale,
Université Marien N'GOUABI, Faculté des Sciences et Techniques, BP.69. Brazzaville, Republic of the Congo

[2]Laboratoire de Chimie organique, Université Marien N'GOUABI, Faculté des Sciences et Techniques, Republic of the Congo

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

ABSTRACT: *Grewia coriacea* Mast. (Malvaceae) is fruiting tree of the Congolese spontaneous flora used in traditional pharmacopee to cure several pathologies. Its fruits are clustered and very appreciated by local populations for the jus their produce. They are green when unripe and become blackish red at the gustatory maturity. Given this change of color we aimed at assessing the total polyphenols and flavonoid content in the epicarp, the mesocarp and nuts of the fruits at various stages from physiological maturity, maturiy, early gustatory and gustatory maturity from dosage on the spectrophotometer. Based on the importance of phenolic compounds in treatments of several pathologies, this approach would provide an indication to consumers and trade-therapists using the fruits. Results showed the richness of the phenolic compounds in the fruits of G. coriacea which are more stocked at the gustatory maturity nevertheless the fruit period or the maturity stage considered. The aqueous solution better extracts total polyphenols with 11.47 mg EAG/g MS followed by the hydroethanolic extract with 9.1 mg EAG/g MS. Similarly, the aqueous and hydroethanolic solutions extract very well the total flavonoids with 21.46 mg EAG/g MS and 22.60 mg EAG/g MS respectively. Fruits of G. coriacea can be considered in this study as a source for phenolic compounds which have beneficial effects on the human organism notably in reducing the risk for development of several pathologies.

KEYWORDS: Total flavonoids, fruit, Grewia coriacea Mast., maturation, total polyphenols.

RESUME: *Grewia coriacea* Mast. (Malvaceae) est un arbre fruitier de la flore spontanée congolaise, utilisé dans la pharmacopée traditionnelle, pour soigner des pathologies diverses. Ses fruits, très appréciés par les populations pour son jus, sont groupés en grappe. Ils sont verts à l'état immature et deviennent rouge-noirs à maturité gustative. Pour cela, nous avons tenu d'évaluer les teneurs en polyphénols et en flavonoïdes totaux dans les épicarpes, les mésocarpes et les amandes du fruit aux stades de maturité physiologique, de véraison, de prématurité gustative et de maturité gustative à partir des dosages au spectrophotomètre. Cette démarche donnerait une indication importante aux consommateurs et aux tradi-thérapeutes qui utilisent ce fruit ; quand on sait l'importance des composés phénoliques dans le traitement de diverses pathologies. Les résultats obtenus ont révélé la richesse de ces composés dans le fruit de G. coriacea qui s'accumulent le plus à maturité gustative quel que soit la partie du fruit ou le stade de maturité considéré. Le milieu aqueux extrait mieux les polyphénols totaux avec 11,47 mg EAG/g MS, suivi de l'extrait hydroéthanolique avec 9,1 mg EAG/g MS. De même, les milieux aqueux et hydroéthanolique extraient mieux les flavonoïdes totaux, avec respectivement 21,46 mg EAG/g MS et 22,60 mg EAG/g MS. Les fruits de G. coriacea, dans notre étude peuvent être considérés comme une source en composés phénoliques qui ont des effets bénéfiques pour l'organisme, notamment dans la diminution du risque de développement de diverses pathologies.

MOTS-CLEFS: Flavonoïdes totaux, fruit, Grewia coriacea Mast., maturation, polyphénols totaux.

Corresponding Author: ATTIBAYÉBA

1 INTRODUCTION

Les forêts Congolaises renferment de nombreuses essences de grande importance parmi lesquelles certaines d'entre elles sont utilisées en pharmacopée traditionnelle et d'autres dans l'industrie du bois ainsi comme ressources alimentaires [1]. Ces forêts encore incomplètement étudiées, subissent aujourd'hui une exploitation anarchique, ce qui risque à long terme de conduire à la disparition de plusieurs espèces. Parmi les ressources végétales que disposent les forêts congolaises, il ya surtout les arbres fruitiers qui occupent une place assez importante dans l'alimentation humaine. Depuis plusieurs décennies, une réelle prise de conscience de l'importance d'une alimentation riche en fruits et légumes est apparue, en particulier dans le cadre de la prévention de certaines maladies métaboliques telles que les pathologies cardiovasculaires, l'obésité ou le diabète de type II. L'importance de la consommation d'aliments d'origine végétale a été particulièrement mise en avant au cours du premier Programme National Nutrition-Santé (PNNS) du Ministère de la Santé dans la célèbre injonction en l'occurrence : **« *Pour votre santé, mangez au moins cinq fruits et légumes par jour* »**. Une consommation élevée des fruits et légumes a pu être associées à la diminution du risque de développement de maladies cardiovasculaires ou cancéreuses dans le cas de nombreuses études épidémiologiques.

De multiples constituants et micronutriments des aliments de qualité tels que les fibres, les vitamines, les minéraux, jouent potentiellement un rôle dans les effets protecteurs. En effet, la qualité des aliments inclut de nombreuses composantes physico-biochimiques, comme la taille et le poids frais du fruit, la teneur en sucres, en acides et en composés phénoliques, ainsi que la texture, qui sont appréhendées à l'échelle de l'organe ou du tissu [2], [3], [4]. Les mécanismes de variation des teneurs en sucres, en acides ascorbiques, en composés phénoliques (polyphénols et flavonoïdes) dans les fruits, ont fait l'objet de nombreuses études ces dernières années [3], [4], [5]. En revanche, les composés phénoliques, présents en grandes quantités dans la plante, ont été étudiés par la communauté scientifique pour leur rôle d'antioxydant et leurs effets bénéfiques connus ou supposés sur la santé humaine [2], [6], [7], [8], [9].

Chez *Grewia coriacea* Mast., les études relatives aux variations des teneurs en polyphénols totaux au cours de la maturation des fruits ne sont pas encore abordées de nos jours. Pour valoriser ce fruit de la flore spontanée congolaise en vue de la sécurité alimentaire, il est nécessaire d'évaluer les teneurs en polyphénols et en flavonoïdes totaux des extraits aqueux, hydroéthanolique et éthanolique des épicarpes, des mésocarpes et des amandes des fruits aux stades de maturité physiologique, de véraison, de prématurité gustative et de maturité gustative à partir des dosages au spectrophotomètre. Cette démarche donnerait une indication importante aux consommateurs et aux tradi-thérapeutes qui utilisent ce fruit, quand on sait l'importance des composés phénoliques dans le traitement de diverses pathologies. De nombreux travaux ont été réalisés chez plusieurs espèces abordant les études relatives aux changements structuraux et texturaux des fruits, aux aspects biochimiques tant métaboliques qu'enzymatiques, mais jusqu'à présent les études systématiques sur la variation des teneurs en composés phénoliques au cours de la maturation des fruits de *Grewia coriacea* Mast. semblent d'être encore préliminaires.

Cette étude vise à évaluer les teneurs en polyphénols et en flavonoïdes totaux des extraits aqueux, hydroéthanolique et éthanolique des épicarpes, des mésocarpes et des amandes des fruits de le *Grewia coriacea* aux stades de maturité physiologique, de véraison, de prématurité gustative et de maturité gustative.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal est constitué des fruits de *Grewia coriacea* récoltés à différents stades de maturité dans la forêt du bassin de la Léfini à 130 km de Brazzaville sur la route nationale n°2 au village Mbandaka (District de Ngabé). La figure 1 montre ces stades de maturité qui sont :

- Stade 1. Maturité physiologique : l'épicarpe du fruit est de couleur verte.
- Stade 2. Véraison : la couleur de l'épicarpe vire du vert au rouge clair.
- Stade 3. Prématurité gustative : le fruit devient rouge clair.
- Stade 4. Maturité gustative : le fruit est de couleur noirâtre.

Stade 1 : maturité physiologique

Stade 2 : véraison

Stade 3 : Prématurité gustative

Stade 4 : maturité gustative

Fig. 1. Stades de maturité des fruits de Grewia coriacea Mast. (Malvaceae)

2.2 METHODES

2.2.1 PREPARATION DES FRUITS ET EXTRACTION DES COMPOSES PHENOLIQUES

Ces fruits récoltés sont ensuite séchés au laboratoire pendant 3 semaines à la température ambiante à l'abri du soleil. Après le séchage, les trois parties du fruit (l'épicarpe, mésocarpe, amande) sont séparés à l'aide d'un scalpel. Chacune de ces trois parties du fruit est broyée à l'aide d'un mortier en porcelaine. Le broyat est tamisé pour obtenir une poudre fine qui a servi à l'évaluation des teneurs en composés phénoliques.

Pour chaque partie du fruit, 10 g de poudre est mis à la macération dans 100 ml de solvant d'extraction sous agitation magnétique pendant 72 heures. Trois solvants sont utilisés pour comparer leur efficacité dans l'extraction des composés phénoliques. Il s'agit : de l'eau distillée, de l'éthanol 95° et du mélange eau/éthanol 95° (80/20). Par solvant d'extraction, la suspension est d'abord filtrée sur coton hydrophile puis sur papier wattman. Le filtrat recueilli est évaporé à sec à l'étuve à 70 °C pour l'extrait aqueux, à 40 °C pour l'extrait éthanolique et à 52 °C pour l'extrait hydroéthanolique pendant 3 jours. Les résidus obtenus ont servi comme extraits pour différents dosages

2.2.2 DOSAGE QUANTITATIF DES COMPOSES PHENOLIQUES

2.2.2.1 POLYPHÉNOLS TOTAUX (PPT)

Pour doser les polyphénols, 0,1 g d'extrait concentré, d'épicarpe, du mésocarpe et de l'amande du fruit est dissout dans 10 ml d'eau distillée. On prélève ensuite 0,1 ml de l'extrait qu'on introduit dans un tube d'Eppendorff de 2 ml contenant 0,9 ml d'eau distillée. On y ajoute 0,9 ml du réactif de Folin-Ciocalteu (1N) puis, immédiatement 0,2 ml d'une solution de Na_2CO_3 (20 %). Le mélange obtenu est incubé à la température ambiante pendant 40 min à l'abri de la lumière. Après l'incubation, l'absorbance est lue au spectrophotomètre à 725 nm contre un blanc d'eau distillée. Pour chaque solvant d'extraction, 3 répétitions sont réalisées. Pour déterminer la quantité de polyphénols totaux, une droite d'étalonnage est préalablement réalisée avant le dosage avec l'acide gallique dans les mêmes conditions que les échantillons à analyser. Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g Ms).

2.2.2.2 FLAVONOÏDES TOTAUX (FVT)

Pour doser les polyphénols, 0,1 g d'extrait concentré, d'épicarpe, du mésocarpe et de l'amande du fruit est dissout dans 10 ml d'eau distillée. On prélève ensuite 0,1 ml de l'extrait qu'on introduit dans un tube d'Eppendorff de 2 ml contenant 0,9 ml d'eau distillée.

Avant le dosage, les trois (03) extraits sont préparés de la manière suivante : 0,1 g d'extrait d'épicarpe, de mésocarpe et d'amande de *Grewia coriacea* sont dissouts dans 10 ml d'eau distillée. Dans un tube à essai de 10 ml, on introduit 1 ml d'extraits précédemment préparés et on ajoute 4 ml d'eau distillée. Au temps initial (0 minute), on ajoute 0,3 ml d'une solution de $NaNO_2$ (5 %). Après 5 min, 0,3 ml d'$AlCl_3$ à 10 % sont rajoutés ; 6 min plus tard, 2 ml de NaOH 1N et 2,4 ml d'eau distillée sont ajoutés successivement au mélange. Le mélange obtenu est incubé à la température ambiante pendant 30 min à l'abri de la lumière. L'absorbance est ensuite mesurée au spectrophotomètre à 510 nm contre une solution de l'éthanol utilisé comme blanc. Une courbe d'étalonnage est élaborée avec des solutions standardisées de quercétine de concentrations différentes. Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent de quercétine par gramme de matière sèche (mg EQ/g MS).

3 RESULTATS

3.1 POLYPHENOLS TOTAUX

3.1.1 TENEURS EN POLYPHENOLS TOTAUX DE FRUITS DE *G. CORIACEA* DANS L'EXTRAIT AQUEUX

La figure 2 montre que les teneurs en polyphénols totaux à la maturité gustative sont plus importantes dans toutes les parties du fruit par rapport à celles des autres stades de maturité. Les teneurs de 14,12 mg EAG/g MS, 11,23 mg EAG/g MS et 9,1 mg EAG/g MS sont enregistrées respectivement dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande. A la maturité physiologique, ces sont relativement faibles : 1,277 ; 1,963 et 3,103 mg EAG/g MS respectivement dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande. A la véraison et la prématurité gustative, ces teneurs varient avec les proportions comparables. Les résultats d'analyses statistiques révèlent que les teneurs en polyphénols totaux varient significativement selon l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande à la maturité physiologique, à la véraison et à la prématurité gustative (Figure 2). A la maturité physiologique, trois groupes (a, b et c) des teneurs en polyphénols sont établis avec la plus faible teneur enregistrée dans l'épicarpe (groupe a). Sur le fruit à prématurité gustative, les teneurs en polyphénols totaux n'a permis de discriminer les trois parties du fruit.

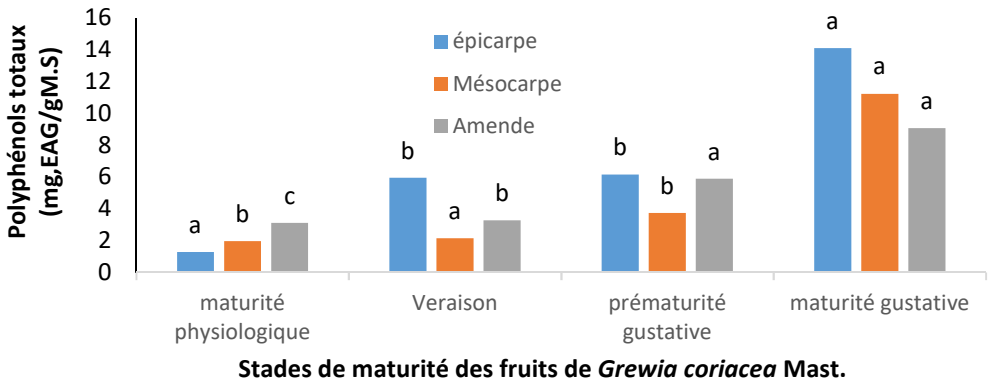


Fig. 2. Variation des teneurs en polyphénols totaux au cours de la maturation des fruits de Grewia coriacea Mast.: Extrait aqueux

3.1.2 TENEURS EN POLYPHENOLS TOTAUX DE FRUITS DE *G. CORIACEA* DANS L'EXTRAIT HYDROETHANOLIQUE

Les teneurs en polyphénols totaux les plus élevées sont enregistrées dans les fruits ayant déjà atteint la maturité gustative. Elles sont de 11,12 ; 8,89 et 7,25 mg EAG/g MS respectivement dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande. A la véraison et à la prématurité gustative, les plus faibles teneurs sont obtenues dans le mésocarpe du fruit (1,78 et 1,79 mg EAG/g MS) (Figure 3). A la maturité physiologique, les teneurs les plus faibles sont enregistrées dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande. A ce stade, elles varient de 1,41 à 1,57 mg EAG/g MS. Excepté le stade maturité physiologique, les analyses de variance révèlent un effet partie de fruit significatif au seuil de 5% selon le test de Student Newman & Keuls et mettent en évidence l'existence de 3 groupes homogènes de parties de fruit (a, b et c). Les teneurs en polyphénols totaux les plus marquées sont obtenues dans l'épicarpe de fruit à la véraison (6,17 mg EAG/g MS), prématurité gustative (7,39 mg EAG/g MS) et maturité gustative (11,12 mg EAG/g MS) (Figure 3).

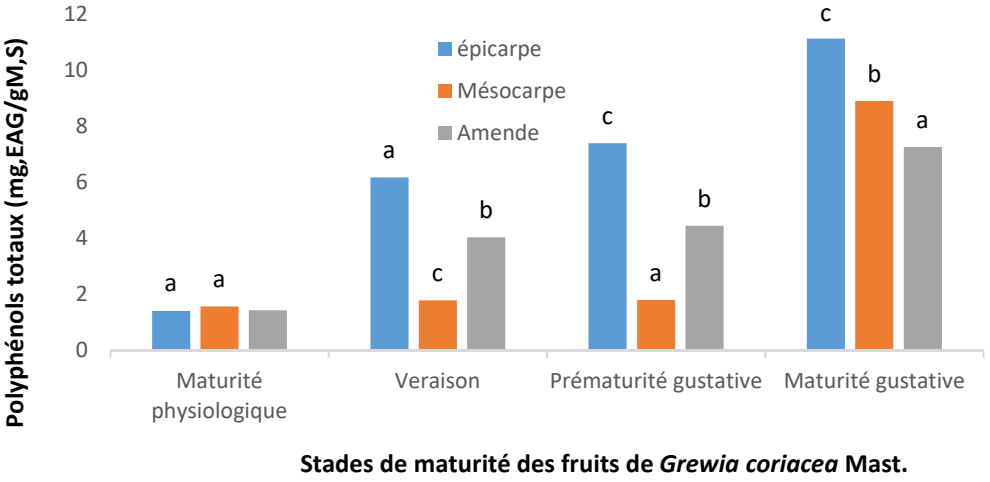


Fig. 3. Variation des teneurs en polyphénols totaux au cours de la maturation des fruits de Grewia coriacea Mast.: Extrait hydroéthanolique

3.1.3 TENEURS EN POLYPHENOLS TOTAUX DE FRUITS DE *G. CORIACEA* DANS L'EXTRAIT ETHANOLIQUE

La figure 4 illustre les teneurs en polyphénols totaux dosées dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande au cours de la maturation des fruits de *G. coriacea.* Il ressort de cette figure qu'au stade de maturité physiologique, les fortes teneurs en polyphénols totaux sont obtenues dans l'épicarpe et le mésocarpe (1,19 mg EAG/g MS et 1,13 mg EAG/g MS). A la prématurité gustative, les teneurs en polyphénols totaux de 4,38 mg EAG/g MS sont enregistrées dans l'épicarpe. Dans l'épicarpe, au stade de maturité gustative, ces teneurs sont identiques à celles obtenues dans le mésocarpe. Les plus faibles teneurs (2,79 mg EAG/g

MS) sont obtenues dans l'amande. A maturité gustative, les résultats d'analyse statistiques montrent un effet partie de fruit significatif au seuil de 5 % selon le test de Student Newman & Keuls. Ils mettent en évidence l'existence de 2 groupes homogènes de parties de fruit (a et b). Les teneurs en polyphénols totaux les plus importantes sont enregistrées dans l'épicarpe et mésocarpe de fruit à la maturité gustative.

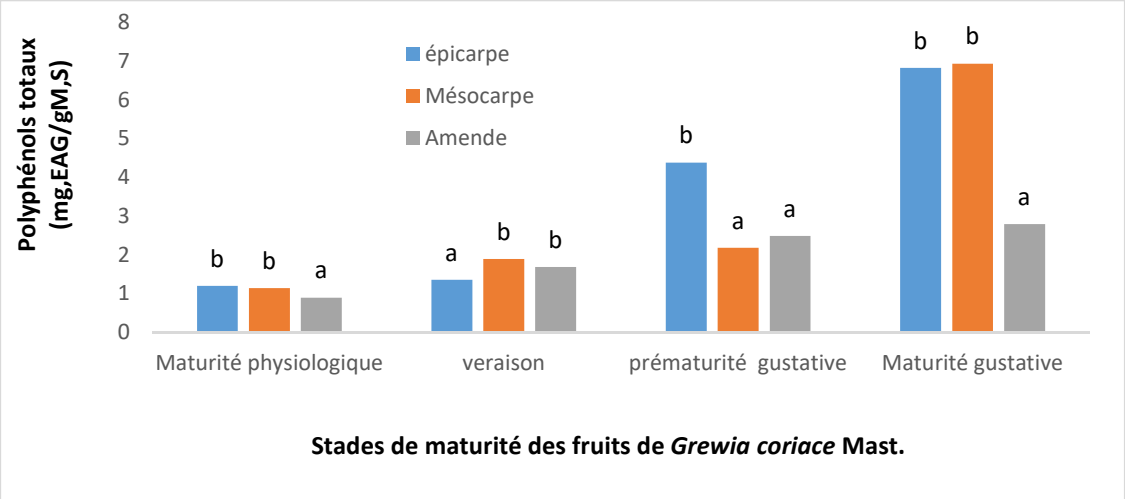


Fig. 4. Variation des teneurs en polyphénols totaux au cours de la maturation des fruits de Grewia coriacea Mast.: Extrait éthanolique

L'analyse comparée de 4 stades de maturité de fruits de *G. coriacea* révèlent une forte teneur en polyphénols totaux dans les extraits aqueux au stade de la maturité gustative (Tableau 1). Les teneurs moyennes en polyphénols totaux de 11,47 mg EAG/g MS dans l'extrait aqueux. Ces teneurs moyennes en polyphénols totaux de 9,1 mg EAG/g MS et 5,52 mg EAG/g MS ont été respectivement enregistrées dans l'extrait hydro alcoolique et éthanolique. Pour les 4 stades de maturité de fruits, les fortes teneurs moyennes de polyphénols totaux ont été obtenues dans les extraits aqueux. Elles ont été relativement faibles dans l'extrait éthanolique et moyennes, dans l'extrait hydroéthanolique (Tableau 1).

Tableau 1. Teneurs en polyphénols totaux au cours de la maturation des fruits de de Grewia coriacea Mast. des extraits aqueux, hydroéthanolique et éthanolique

Stade de maturité	Milieux d'extraction		
	Aqueux	**Hydro alcoolique**	**Ethanolique**
Maturité physiologique	4,27	1,47	1,07
Véraison	3,79	4	1,64
Prématurité gustative	5,25	4,54	3,01
Maturité gustative	11,47	9,1	5,52

3.2 FLAVONOÏDES TOTAUX

3.2.1 TENEURS EN FLAVONOÏDES TOTAUX DE FRUITS DE *G. CORIACEA* MAST DANS L'EXTRAIT AQUEUX

La figure 5 montre que les teneurs en flavonoïdes totaux sont faibles au stade de maturité physiologique dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande, avec respectivement 1,38 mg EQ/g MS, 1,56 mg EQ/g MS et 2,35 mg EQ/g MS. Les teneurs les plus élevées sont observées au niveau des fruits ayant déjà atteint la maturité gustative. A ce stade, c'est dans le mésocarpe où l'on trouve les teneurs les importantes avec 29,63 mg EQ/gMS. A la véraison et à la prématurité gustative, elles sont de 14,97 et 26,26 mg EQ/g MS respectivement dans le mésocarpe (14,97 et 26,26 mg EQ/g MS). Les analyses de variance révèlent un effet partie de fruit significatif et mettent en évidence l'existence de 3 groupes homogènes de parties de fruit à maturité physiologique (a, b et c).Au stade de prématurité gustative, elles ont aussi mis en 3 groupes homogènes de parties de fruit dont l'effet le plus marqué (groupe c) est observé dans le mésocarpe de fruit. Deux groupes distincts (a et b) des teneurs en flavonoïdes totaux sont identifiés dans le fruit à la véraison et à la prématurité gustative.

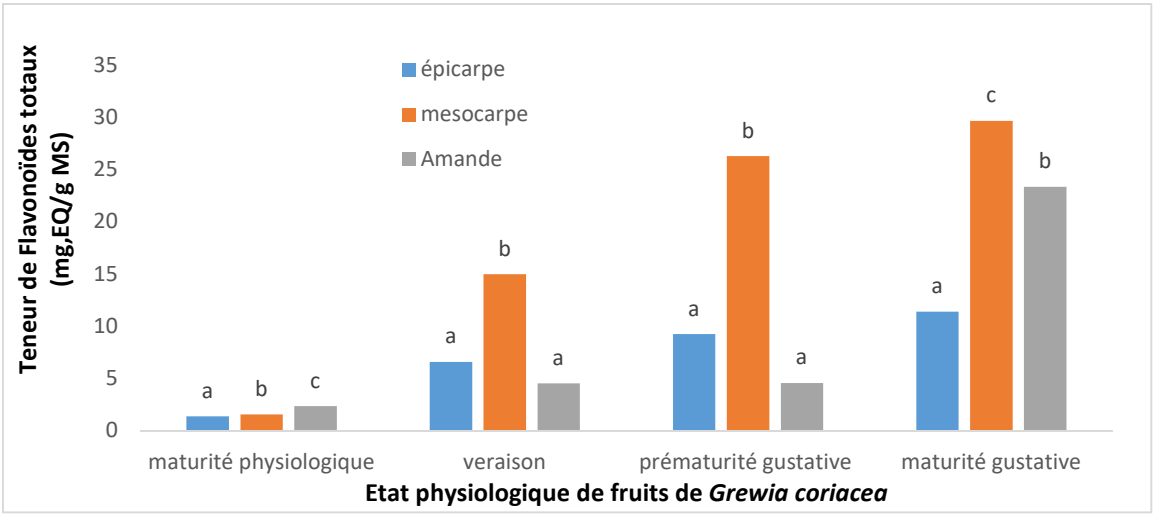


Fig. 5. Variation des teneurs en flavonoïdes totaux au cours de la maturation des fruits de Grewia coriacea Mast. (Malvaceae) : Extrait aqueux

3.2.2 TENEURS EN FLAVONOÏDES TOTAUX DE FRUITS DE *G. CORIACEA MAST.* DANS L'EXTRAIT HYDROETHANOLIQUE

Au stade de maturité gustative, les fortes teneurs en flavonoïdes totaux sont enregistrées dans le mésocarpe (36 mg EQ/g MS). A maturité physiologique, ces teneurs sont faibles dans l'épicarpe (2,15 mg EQ/g MS), le mésocarpe (1,64 mg EQ/g MS) et l'amande (4,89 mg EQ/g MS). A la véraison et à prématurité gustative, les teneurs en flavonoïdes totaux de 13,69 mg EQ/gMS et 23,2 mg EQ/g MS) sont enregistrées dans le mésocarpe (Figure 6). A prématurité gustative, les teneurs en flavonoïdes totaux de 7,33 mg EQ/g MS obtenues dans l'épicarpe sont identiques à celles obtenues dans l'amande. A maturité gustative, les résultats d'analyse statistiques montrent un effet partie de fruit significatif au seuil de 5 % selon le test de Student Newman & Keuls. Ils mettent en évidence l'existence de 3 groupes homogènes de parties de fruit (a, b et c). Les teneurs en flavonoïdes totaux les plus importantes sont enregistrées dans le mésocarpe du fruit (groupe b). Des différences significatives des teneurs en flavonoïdes totaux dans l'épicarpe, mésocarpe et l'amande sont aussi enregistrées sur le fruit à maturité physiologique, à la véraison et à la prématurité gustative (Figure 6).

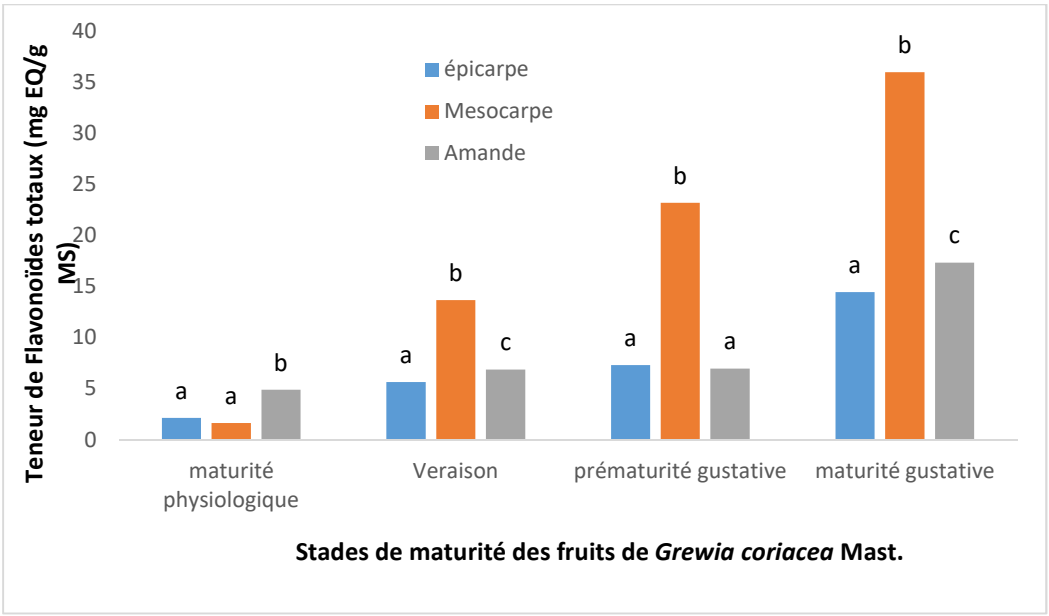


Fig. 6. Variation des teneurs en flavonoïdes totaux au cours de la maturation des fruits de Grewia coriacea Mast. : Extrait hydroéthanolique

3.2.3 TENEURS EN FLAVONOÏDES TOTAUX DES FRUITS DE *G. CORIACEA* MAST. DANS L'EXTRAIT ETHANOLIQUE

Au cours de la maturation, les fortes teneurs en flavonoïdes totaux sont observées dans le mésocarpe (24,27 mg EQ/g MS) à la maturité gustative par rapport aux autres stades. Les teneurs de 5,18 mg EQ/g MS et 10,57 mg EQ/g MS sont enregistrées respectivement dans l'épicarpe et l'amande (Figure 7). Au stade maturité physiologique et à la véraison, les teneurs sont faibles dans l'épicarpe et l'amande. A ces stades, elles sont inférieures à 1,5 mg EQ/g MS dans l'amande et l'épicarpe. Les résultats d'analyses statistiques révèlent que les teneurs en flavonoïdes totaux varient significativement selon l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande aux différents stades de maturité de fruits. A la maturité physiologique, à la véraison et à la maturité gustative, deux groupes homogènes (a et b) des teneurs en flavonoïdes totaux ont été établi dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amende. L'effet plus marqué est observé dans le mésocarpe (groupe b) avec les teneurs de 1,70 mg EQ/g MS, 10,52 mg EQ/g MS et 24,27 mg EQ/g MS. Sur le fruit à prématurité gustative, les teneurs en flavonoïdes totaux montrent une différence significative entre les 3 parties de fruit distinguant trois groupes homogènes (a, b et c) (Figure 7).

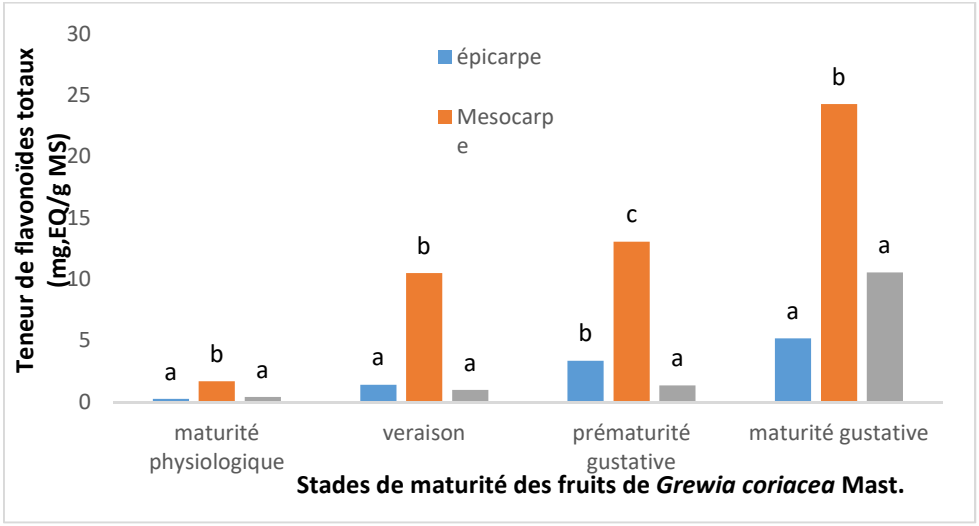


Fig. 7. Variation des teneurs en flavonoïdes totaux au cours de la maturation des fruits de Grewia coriacea Mast.: Extrait éthanolique

L'analyse comparée des 4 stades de maturité de fruits de *G. coriacea* révèle une forte teneur en flavonoïdes totaux dans les extraits aqueux et hydroéthanolique au stade de maturité gustative. A ce stade, les teneurs moyennes de 21,46 mg EQ/g MS et 22,60 mg EQ/g MS en flavonoïdes totaux ont été remarquées respectivement dans l'extrait aqueux et hydroéthanolique. La faible teneur en flavonoïdes totaux est observée dans l'extrait éthanolique. Dans les extraits aqueux, les teneurs en flavonoïdes totaux varient respectivement de 1,76 mg EQ/g MS à 21,46 mg EQ/g MS dans le fruit à maturité physiologique et à maturité gustative. Dans les extraits aqueux et hydroéthanoliques, ces teneurs varient dans les mêmes proportions (Tableau 2).

Tableau 2. Teneurs en flavonoïdes totaux au cours de la maturation des fruits de Grewia coriacea Mast. des extraits aqueux, hydroéthanolique et éthanolique

Stade de murissement	Milieux d'extraction		
	Aqueux	Hydro alcoolique	Ethanolique
Maturité physiologique	1,76	2,90	0,79
Véraison	8,70	8,71	12,27
Prématurité gustative	13,36	12,5	5,93
Maturité gustative	21,46	22,60	13,34

4 DISCUSSION

Le dosage quantitatif par spectrophotomètre UV-visible des extraits aqueux, hydroéthanolique et éthanolique a révélé la présence des polyphénols totaux dans toutes les parties du fruit de *Grewia coriacea* Mast. Les teneurs en polyphénols totaux

varient significativement dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande au cours de la maturation des fruits. A la maturité gustative, une forte teneur en polyphénols totaux est obtenue dans les extraits aqueux, hydroéthanolique et éthanolique. Ces teneurs sont faibles dans le fruit à la maturité physiologique et plus fortes à la maturité gustative que les autres stades. Les teneurs accrues à la maturité gustative s'expliqueraient par le fait que les fruits acquièrent des potentiels élevés en raison d'intenses activités métaboliques, notamment les synthèses. Celles-ci s'achèvent à la maturité gustative, point culminant où s'accumulent l'essentiel des métabolites qui confèrent au fruit sa jutosité et ses qualités organoleptiques. Les résultats similaires ont été obtenus par [3], [4], [10] et [11]. Ces auteurs ont travaillé sur la variation des teneurs en métabolites primaires et secondaires chez les fruits et légumes. Ils ont montré la présence des teneurs en polyphénols totaux dans toutes les parties des fruits et légumes dont les fortes concentrations sont observées dans la partie externe du fruit ayant déjà atteint la maturité gustative. De même, la teneur importante de l'acide caféique a été observée dans les baies de café atteintes de maturité gustative [12. Il a été aussi observé qu'une variation des teneurs en polyphénols totaux dans les différentes parties de fruits peut dépendre de l'espèce, de l'organe, du stade de maturité, des conditions climatiques selon l'exposition de la plante à la lumière du soleil, la date de récolte et la durée de stockage [13] et [14]. Chez les fruits de *G. coriacea*, les polyphénols totaux s'accumulent dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande par l'hydrolyse des composés chimiques dont la forte teneur est enregistrée dans l'épicarpe à la maturité gustative. Parmi les trois milieux d'extraction (aqueux, hydroéthanolique et éthanolique), il ressort de l'analyse comparative que, le milieu aqueux extrait mieux les polyphénols totaux par rapport aux autres milieux. Avec ce milieu, la forte teneur de 11,47 mg EAG/g MS est observée dans l'épicarpe à la maturité gustative. Ce qui montre chez les fruits de *Grewia coriacea* une bonne solubilité des polyphénols totaux dans l'eau. Bien que travaillant sur d'autres organes d'autres plantes, nos travaux sont similaires avec ceux de [9] qui ont montré que les polyphénols totaux étaient mieux extraits dans le milieux aqueux chez les feuilles d'*hibiscus sabdariffa.* Ils sont contraires à ceux obtenus par [15] chez les différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynaro scolymus*) et par [16] avec les écorces du tronc de *Bucholzia coriacea* Engl..

Le dosage quantitatif par spectrophotomètre UV-visible des extraits aqueux, hydroéthanolique et éthanolique a montré la présence des flavonoïdes totaux dans toutes les parties de fruit de *G. coriacea*. Il ressort de l'analyse comparée des quatre stades de maturité que les fortes teneurs en flavonoïdes totaux sont enregistrées à la maturité gustative par rapport aux autres stades. Les fortes teneurs en flavonoïdes totaux de 21,46 mg EQ/g MS et 22,60 mg EQ/g MS sont obtenues dans les extraits aqueux et hydroéthanolique. La faible teneur en flavonoïdes totaux est observée dans l'extrait éthanolique. A maturité physiologique et gustative, les teneurs en flavonoïdes totaux varient de 1,76 mg EQ/g MS à 21,46 mg EQ/g MS avec les extraits aqueux. Cependant dans les extraits hydroéthanoliques, ces teneurs varient avec les mêmes proportions. Au cours de la maturation des fruits, les flavonoïdes totaux s'accumuleraient dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande par l'hydrolyse de composés chimiques. Cette variabilité des teneurs en flavonoïdes totaux est identique à celle observée chez les polyphénols totaux. En plus, de ces trois milieux d'extraction, les fortes teneurs en flavonoïdes totaux sont obtenues avec les extraits aqueux et hydroéthanolique par rapport à l'extrait éthanolique. Ces résultats sont analogues à ceux de [17]. Bien que travaillant sur d'autres organes, ces auteurs ont montré la présence des flavonoïdes totaux dans le milieu hydroethanolique dont les fortes concentrations sont enregistrées dans les feuilles jeunes comparées aux feuilles âgées de *Bucholzia coriacea* Engl.. Chez les fruits de *G. coriacea* cependant, les teneurs en flavonoïdes totaux sont plus élevées dans le mésocarpe à maturité gustative que dans les autres parties du fruit. Ces résultats sont en accord avec ceux de [18]. Ces auteurs ont prouvé que les flavonoïdes totaux sont présents dans le mésocarpe du fruit. Bellebcir [19] a aussi révélé la présence en grande quantité des flavonoïdes totaux dans les épicarpes à la maturité gustative. Cette forte teneur des flavonoïdes observée est inférieure à celle des polyphénols totaux. Cette différence s'expliquerait par des nombreux événements structuraux et biochimiques qui ont eu lieu entre l'épicarpe et le mésocarpe au cours de la maturation des fruits. Parmi ces événement, on peut citer le phénomène d'osmose au cours duquel l'eau contenue dans l'épicarpe passe dans la pulpe qui, par la suite devient plus sucrée que l'épicarpe à la maturité gustative ; la synthèse des enzymes pectolytiques qui dégradent la paroi membranaire du fruit ; la synthèse des sucres ; des protéines et de l'acide ascorbique (vitamine C) et la pigmentation des fruits caractérisée par la dégradation de la chlorophylle. Signalons aussi que [20] travaillant sur les composés phénoliques, ont montré que c'est dans le mésocarpe des fruits qu'on trouve plus des flavonoïdes. Ce constat fut également fait par [21] dans le cas de la pulpe des fruits comme la fraise, la cerise et surtout dans celle des fruits ayant une coloration rouge comme les myrtilles ou les baies.

5 CONCLUSION

Chez *Grewia coriacea* Mast, les teneurs en polyphénols et en flavonoïdes totaux varient selon les stades de maturité, les solvants d'extraction et les parties du fruit considérées. Les polyphénols et flavonoïdes totaux sont présents dans toutes les parties du fruit au cours de la maturation dont les fortes concentrations sont obtenues au stade de maturité gustative. A la différence, les polyphénols totaux sont plus abondants dans les épicarpes avec l'extrait aqueux suivi de l'extrait hydroéthanolique. Cependant, les flavonoïdes totaux sont en moyenne plus élevés dans les extraits aqueux et

hydroéthanolique. Il sied de signaler que les solvants aqueux et hydroéthanolique sont des milieux d'extraction les mieux adaptés pour extraire les polyphénols et les flavonoïdes totaux chez les fruits de *Grewia coriacea* Mast. (Malvaceae).

REFERENCES

[1] L. Ngantsoué, Attibayéba, F. Essamambo, Bolopo-Engagoye and V. Kaboulou, "Germination des graines et croissance des jeunes plants de *Grewia coriacea* Mast". *Annales de l'Université Marien NGOUABI*, vol.5, pp.215-224, 2005.

[2] C.J. Morabandza, A.N. Okémy, R.P. Ongoka, M.G. Okiémy-Akéli, Attibayéba and A.A. Abéna, " Effets antimicrobiens, anti-inflammatoires et antioxydants du mésocarpe de *Garcinia kola* Heckel (Clusiaceae)", *Phytothérapie* vol.12, pp. 164-169, 2014.

[3] Attibayéba, M. Andzouana and J.B. Mombouli, "Chemical and biochemical compounds from two tropical fruits – *Anisophyllea quangensis* and *Gambea Africana*, "*J. Chemical and Pharmaceutical Research*, vol.8, no.7, pp.85-90, 2016.

[4] M.G. Okiémy-Akéli, C.J. Morabandza, L. Matini, C. Epa, Attibayéba and R.P. Ongoka, "Physico-chemical composition of *Grewia coriacea* Mast. (Malvaceae) fruit during ripening", *International Research Journal of Biological Sciences*, vol. 5, no.12, pp. 38-42, 2016.

[5] Attibayéba, L Ngantsoué, F. Essamambo, and A.C. Nkourissa, "Changes in the chemical composition of the fruits of *Grewia coriacea* Mast. during development and ripening". *Fruits*, vol.62, pp. 369–375, 2007.

[6] Y. Li, and H.E Schellhorn, "Can ageing-related degenerative diseases be ameliorated through administration of vitamin C at pharmacological levels? ", *Medical Hypotheses*, vol.68, pp. 1315-1317, 2007a.

[7] Y. Li, and H.E. Schellhorn, "New developments and novel therapeutic perspectives for vitamin C". *Journal of Nutrition*, vol. 137, pp. 2171-2184, 2007b.

[8] C. Epa, Elion Itou, R.D.G., Etou Ossibi, A.W., Attibayéba, Ongoka, P.R. and A.A. Abena,"Effet anti-inflammatoire et cicatrisant des extraits aqueux et éthanolique des écorces du tronc de Buchholzia coriacea Engl.(Capparidaceae) " *Journal of Applied Biosciences*, vol.94, pp.8858-8868, 2015.

[9] J. Mpika, M.G. Okiémy Akéli, Ngouollaly Tsiba, M. Samboula, and Attibayéba, "Physico-chemical composition and antioxidant activity of three local cultivars of *Hibiscus sabdariffa* (Malvaceae) consumed in Congo", *Resarch Journal of Chemical Sciences*, vol.7, no. 2, pp.34-41, 2017.

[10] L.A. De La Rosa, E. Alvarez-Parrilla, and G.A. Gonzalez-Aguilar, *Fruit and vegetable Phytochemicals: Chemistry, Nutritional value and stability*. Edition John Wiley and Sons, 73p, 2009

[11] Attibayéba, L. Ngantsoué, F. Essamambo, A.M. Bita, and F. Mialoundama, "Le marcottage aérien de Grewia coriacea Mast. " *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé* vol.8, no.1, pp. 83-89. 2006.

[12] A. Crozier, M.N. Clifford, and H. Ashihara, *Plant secondary metabolites: Occurrence, structure and role in the human diet*. Edition John Wiley and Sons, 321p, 2008.

[13] S.F. Price, P.J. Breen, and M. Valladao, "Cluster sun exposure and quercetin inpinot noir grapes and wine", *Am. J. Enol. Vitic*, vol. 46, pp.187-194, 1995.

[14] J.F. Wang, D.D. Schramm, and R.R. Holt, "A dose-response effect from chocolate consumption on plasma epicatechin and oxidative damage". *J. Nutr*. Vol.130, pp. 2115S-2119S, 2002.

[15] S. Mahmoudi, M. Khali, and N. Mahmoudi, "Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (CynarascolymusL.)". *Revue Nature et Technologie, B- Sciences Agronomiques et Biologiques* vol.9, pp. 35- 40, 2013.

[16] C. Epa, Attibayéba, A. Agbono, C.J. Morabandza, M.G. Okiemy-Akeli, R.P. Ongoka, A.A. Abena, and M. Gbeassor, "Effet de l'extrait éthanolique des écorces du tronc de *Buchholzia coriacea* sur quelques paramètres asthmatiques chez le rat", *Phytothérapie* vol.14, pp. 309-3014, 2016.

[17] J. Ntsingouaye, "Variation des teneurs en composés phénoliques et évaluation de l'activité antioxydante des extraits des organes de *Buchholzia coriacea* Engl. (Capparidaceae)".*Mémoire de Master en sciences naturelles à l'Ecole Normale Supérieure, Université Marien NGOUABI*, 39 p. 2016.

[18] S.N. Guyot, D. Marnet, and Laraba, "Reversed-phase HPLC following thiolysis for quantitative estimation and characterization of the four main classes of phenolic compounds in different tissue zones of a french cider apple variety (malus domesticaVar. Kermerrien)." *J. Agric.Food Chem*, vol.46, pp. 1698-1705, 1998.

[19] L. Bellebcir, "Etude des composés phénoliques en tant que marqueurs de biodiversité chez les céréales". *Mémoire de Magiste, Université Mentouri de Constantine*, 119 p, 2008.

[20] C. Manach, A. Scalbert, C. Morand, "Polyphenols: food sources and bioavailability." *Am. J. Clin. Nutr*. Vol.79, pp. 727-747, 2004.

[21] M.N. Clifford, "Anthocyanins-nature, occurrence and dietary burden", *J. Sc. Food Agri*, vol. 80, pp.1063-1072, 2000a.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1859-1875
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Etude de la dynamique spatiale et structure du Jardin Botanique Stanislas Lisowski de la Faculté des Sciences, UNIKIS, RD Congo

[Study of the spatial dynamics and structure of the botanical garden Stanislas Lisowski of the Faculty of Sciences, UNIKIS, RD Congo]

Bijoux Lituka[1], Francine B. Kirongozi[2], Jacques N.B. Tchatchambe[2], and Hyppolite S-M. Nshimba[1]

[1]Faculté des sciences, Université de Kisangani, B.P. 2012, RD Congo

[2]Centre de Surveillance de la Biodiversité, Université de Kisangani, B.P. 2012, RD Congo

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

ABSTRACT: The inventory, drawn up on the the whole garden, has permitted us to obtain 541 individuals distributed into 221 species, 60 families and 31 orders the studied florura contains a high content of spermaphytes. Angiosperms, almost alone, constitute the flora of this entity. Phanerophytes are largely dominant; the type of the species Diasporas is mostly sarcochores or fleshy Diasporas. Accordingly, 93species identified beforehand have disappeared from the garden due to lack of medium adaptation, and 16 other species are considered as newly settled since they are not mentioned in previous works.

KEYWORDS: dynamics, spatial, Structure, botanical garden, Lisowski.

RESUME: L'inventaire a porté sur toutes les espèces d'arbres présents dans le jardin et a permis d'obtenir 541 individus répartis en 221espèces, 60 familles et 31 ordres. La florule étudiée est riche en spermaphytes, les Angiospermes forment presque seules, la flore de cette entité. Les phanérophytes sont largement dominants. Le type de diaspore des espèces est surtout dominé par les sarcochores ou diaspores charnus. De ceci, il découle que 93 espèces préalablement recensés, sont disparues du jardin suite à la non adaptation aux conditions écologiques du milieu et 16 autres espèces sont considérés comme nouvellement installées car non signalées dans les travaux antérieurs.

MOTS-CLEFS: dynamique, Spatiale, Structure, Jardin botanique, Lisowski.

1 INTRODUCTION

Forests play a major role in preserving biodiversity, climate change and sustainable development [1]. This biodiversity plays a significant role in the forest dynamics. Tropical forests, particularly wet dense forests, are considered to house more than 50%, or even up to 80% of the specific terrestrial diversity. On hectare of dense humid forest, three hundred individuals are sometimes identified against a maximum of a few tens in temperate zones. Two-thirds of flowering plants are of tropical moist origin [2].

The protection of living species ultimately implies to be effective, the implementation of at least two types of measures:

In situ conservation: here, regardless of the salvage interest of endangered species through ex situ preservation measures, only the preservation of species habitat is likely to ensure the long-term conservation of biodiversity;

Ex situ conservation: This is the first step to be taken to safeguard a species in immediate danger of extinction [3].

The botanical and zoological gardens are created in this ex situ conservation framework. But then, these not only have the objective of protecting endangered species, but also and above all these are centers of environmental education, places of scientific research on biodiversity and places for tourists In search of peace and natural beauty [4].

At the Faculty of Science, one of the faculties of the University of Kisangani, a botanical garden was established for didactic reasons. Although conceived for these reasons, it contains the most common and most representative species of the local flora [5]. In the Department of Ecology and Management of plant resources of this faculty, a botanical garden is important not only for the sequestration of CO_2, recycling of the material in the cycle biogeochemical, morphological and physiological studies, But still in studies on the equatorial flora and the systematics of species. In an ecosystem, the competition between species both at the intra-specific level and at the interspecific level for the conquest of Water and energy sources (light) is a real battle for life [3].

The results lead to a fragile balance in which the whole community of living beings can be placed. This ecosystem is driven to evolve [1]. According to [6] the dynamics is the expression of the evolution in time and space, under the influence of the factors of the natural and anthropogenic parameters of the composition intra and inter specific of the population occupying a given space.

This work will report on the current state of the botanical garden Stanislas Lisowsky, its present floristic composition, to be compared with that which existed during its implantation and finally, to study certain variables of the dynamics of the garden.

2 Environment, Materials And Methods

2.1 Study Environment

2.1.1 Description of the environment

The Stanislas LISOWSKI Botanical Garden at the University of Kisangani is our study environment and is located within the Faculty of Science, in its southeastern part (city of Kisangani). It is located near the equator, at 25 ° 11 ' East longitude and 0 ° 31 ' north latitude [7].

Figure 1 gives the geographical location of the Faculty of Science of the University of Kisangani.

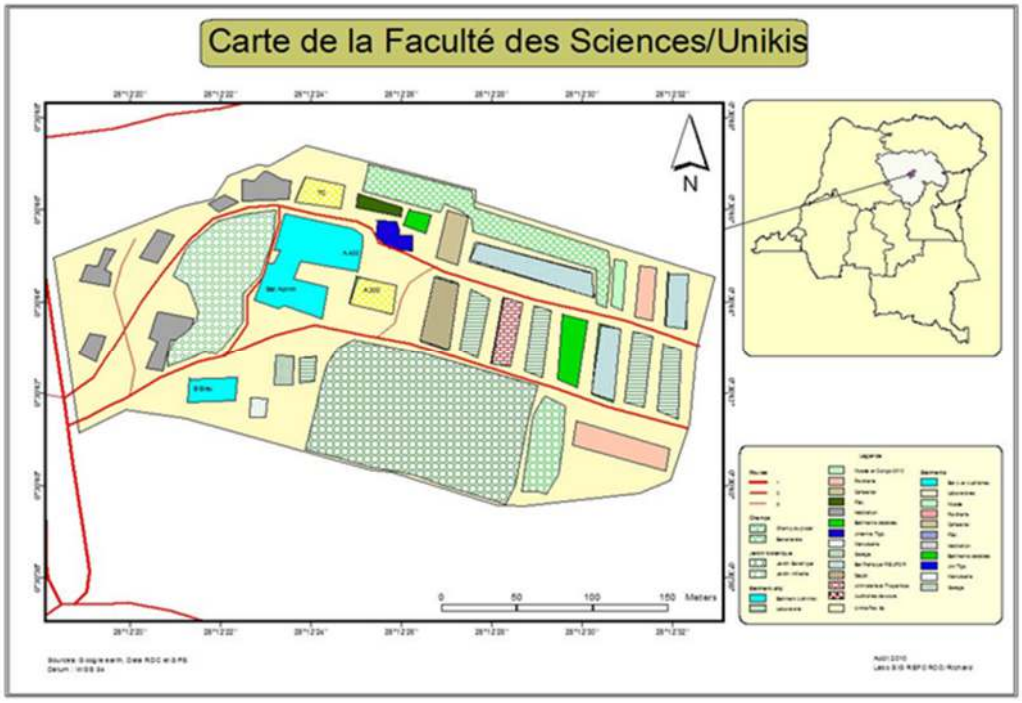


Fig. 1. Geographical location of the Faculty of Science of the University of Kisangani

The Botanical Garden of the Faculty of Science contains 13 lines (1-13) and 7 columns (A-G) divided into 91 plots separated by a distance of 100 cm. The floristic inventory was made from one parcel to another in the square below (Figure 2). Its surface area of 7,076 m which extends over a length of 116 m and a width of 61 m.

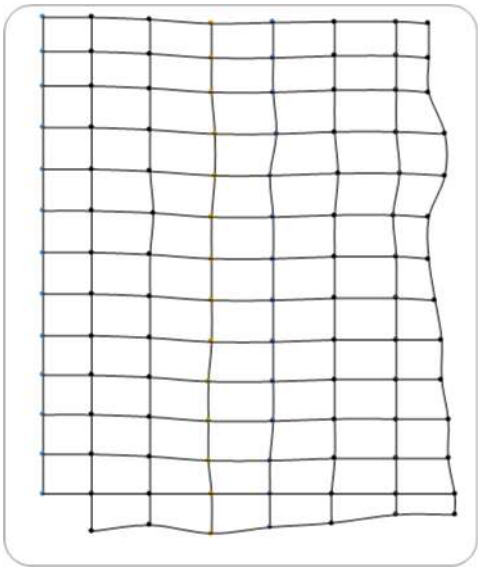


Fig. 2. The Botanical Garden

2.2 MATERIALS

To carry out this field work, the following instruments have used:

- A pruner for the collection of samples;
- Papers, Sheets and presses to form herbariums;
- Notebooks, pencils, ball pens and markers for taking notes.

2.3 METHODS

2.3.1 FLORISTIC INVENTORY

The investigation covered the whole garden. The inventory was carried out randomly parcel by parcel following the order of rows and rows.

2.3.2 ANALYSIS OF BIOLOGICAL TYPES AND ECOLOGICAL SPECTRUM

2.3.2.1 BIOLOGICAL TYPES

For a given species, the biological type refers to the set of anatomical and morphological devices that characterise its vegetative apparatus and conspicuous its port and physiognomy [8]. The different biological types obtained in this work are defined according to the classification of [9], adopted in tropical regions by many authors [10]; [11]. The different biological types obtained in this work are defined according to the classification of [9], adopted in tropical regions by many authors [10]; [11].Depending on the nature and degree of protection of buds and seedlings during the period Rigorous, the following types are distinguished:

- **The phanerophytes**

All plants whose persistent buds or shoots are located at a significant distance on the aerial axes endowed with a more or less long persistence.

A. Woody or erect phanerophytes:

All plants that are generally erected and necessarily have a fully woody architecture regardless of their size.

- MgPh: Mégaphanérophytes, trees whose tender organs are situated above 30 cm from the ground;
- Hcts: Mésophanérophytes, organ trees located between 10 and 30 cm above the ground;
- McPh: Microphanérophytes, shrubs with buds between 4 – 10 cm from the soil;
- NPh: Nanophanérophytes; Subshrubs with young shoots at a height of between 0.4 – 4 cm.

B. Creepy or climbing phanerophytes (Phgr)

These are lianas that can reach a considerable thickness and easily climb up to the top of the trees using various fastening modes. There are some types:

- Voluble and propped Up (Phgrv): Lianas winding around their support thanks to their little Woody end, voluble;
- A spins and hooks (Phgrc): These are lianas whose stem progression on their support is facilitated by numerous tendrils located either at the end of the branches or at the nodes or leaf insertion;
- Herbaceous (Phgrh): small creeping vines, subwood or belatedly lignified.

- **Geophytes**

They are plants possessing a shoot apparatus whose buds are in the soil; It includes:

- Grh: Geophytes rhizomatous; Plants having perennial organs, or rhizomes;
- Gtu: Geophytes tuberous; Plants having perennial organs of tubers.

2.3.2.2 TYPES OF DIASPORES

1. The dissemination of diaspores plays an essential role in forest Dynamics [12] in [13]. Thus, the diaspores of the species identified in the set of phytosociological surveys carried out were determined from the literature [14], [15] and [13]. They meet the categories defined by [16] and [17].

2. Autochores

Diaspores not showing any obvious adaptation to any external dispersion agent. We can distinguish in this category:

- Ballochores (Ballo): Diaspores ejected by the plant itself;
- Barachores (Baro): Diaspores characterized by their weights and the absence of another characteristic with dispersion.

3. Hétérochores

The diaspores are fitted with appendages and extremely light or wrapped in fleshy layers. In this group we have:

- Pléochores (Pléo): Diaspores having a flotation device;
- Pogonochores (Pogo): Diaspores with feathery appendages, hairs and egrets;
- Ptérochores (Ptéro): Diaspores with winged appendages;
- Sarcochores (Sarco): Diaspores provided with fleshy outer layers and marrow;
- Sclérochores (Scléro): diaspores hanging or adhesive.

2.3.3 DYNAMICS OF THE GARDEN

It is based on a few fundamental processes: reproduction (flowering, pollination, fruiting, spreading and germination), growth and death of individuals or species.

In the ecological sense and according to [18], the dynamic is a characteristic of the phytocenoses which is manifested by the natural evolution of plants taking over the same area to get closer to the climax.

Figure 3 presents the S. Lisowski Botanical Garden with some lighthouse species.

Fig. 3. Some lighthouse species and the undergrowth of the Botanical garden S. Lisowski (Faculty of Science, University of Kisangani)

3 RESULTS

3.1 FLORISTIC AND TAXONOMIC ANALYSIS

The floristic inventory of families and species collected in the garden is given below. The following elements accompany these species: biological type (TB), diaspores type (TD) and phytogeographic distribution (DP).

3.1.1 BIOLOGICAL TYPES

Overall, the study of the current composition of the flora of the Botanical Garden of the Faculty of Sciences gave 541 individuals belonging to 221 species, 183 genera grouped in 60 families, 31 orders and 4 branches. The majority of these species are Spermaphytes; the pteridophytes are almost not represented.

We present in the Fig. 4 the different biological types.

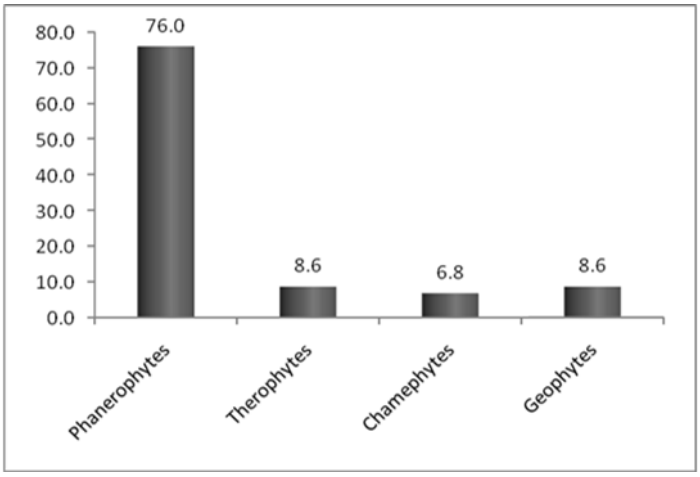


Fig. 4. Biological Types

From this graph, it appears that the phanerophytes are dominant (mésophanérophytes: 200 individuals, or 36.97%, followed by microphanérophytes: 169 individuals, or 31.24%, then, mégaphanérophytes and phanerophytes climbers). In total, phanerophytes represent 76%, while other biological types are less dominant.

3.1.2 TYPE OF DIASPORES

In the following figure, we present the different types of diaspores:

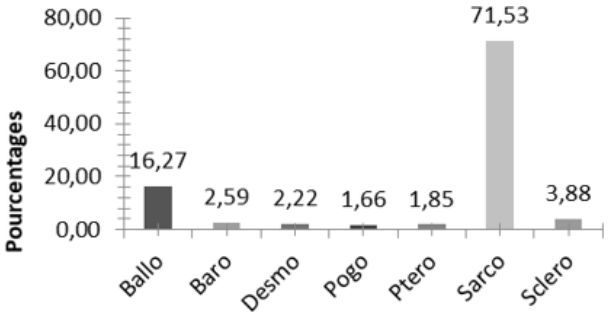


Fig. 5. Type of Diaspores

This graph reveals that the majority of species identified are disseminated by Sarcochorie with 71.53% followed by Ballochorie 16.27%; However, Pogonochores and Ptérochores are less represented with 1.66% and 1.84% respectively.

3.1.3 PHYTOGEOGRAPHIC DISTRIBUTION

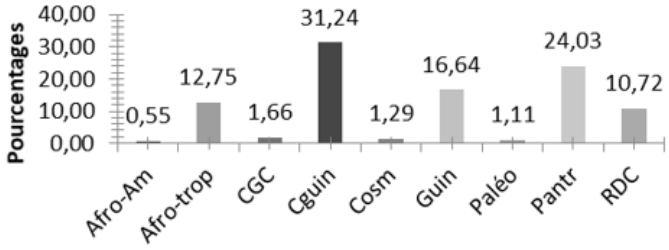


Fig. 6. Phytogeographic Distribution

This figure shows a clear predominance of guineo-Congolese species with 31.24%, followed by pantropical species with 24.03%; After come the Guinean species with 16.64%. The other species are less represented.

3.1.4 DENSITY

3.1.4.1 SPECIES DENSITIES

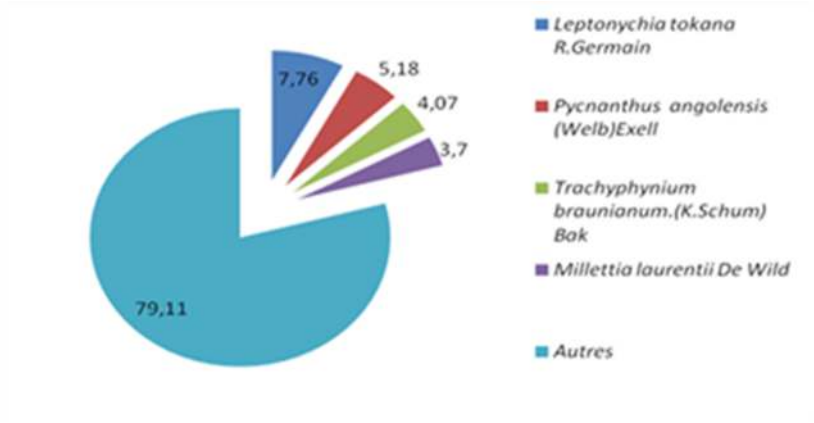


Fig. 7. Species densities

From this graph, it is apparent that the greatest relative density is that of the species Leptonychia Tokana R. Germain with 7.76%; This is followed by species Pycnanthus angolensis (Welb.) Exell, Trachyphrynium Braunianum. (K. Schum.) Bak and Millettia laurentii from Wild.

3.1.4.2 FAMILY DENSITIES

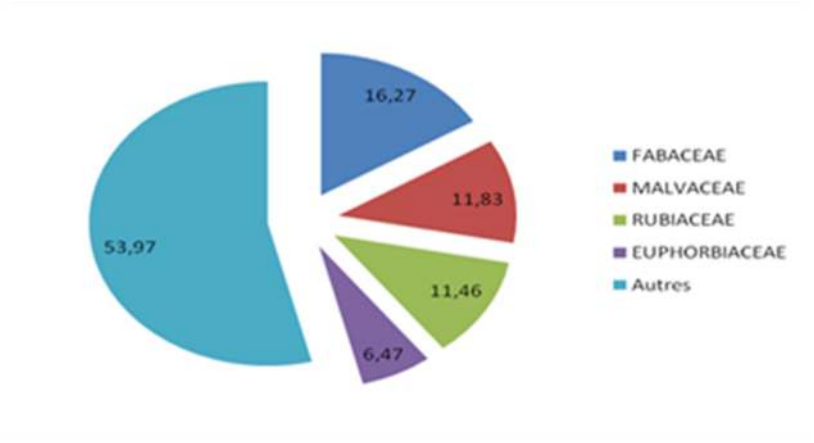


Fig. 8. Density of families

The relative densities of the highest families are observed in the following families: *Fabaceae* with 16.27%, *Malvaceae* with 11.83%, *Rubiaceae* with 11.46%, *Euphorbiaceae* with 6.47%. The other families are poorly represented.

3.1.5 GARDEN DYNAMICS

3.1.5.1 BASAL AREA

Fig. 9. Basal area

It follows from this graph that the species Milicia excelsa occupies the largest basal area with 2.49%, followed by Pycnanthus angolensis with 2.47% and Cola gigantea with 2.14%.

3.1.5.2 PHYSIOGNOMY OF THE GARDEN

[19] in [20] defines the physiognomy of a forest as a morphological organization of elements and strata dominated by biological forms and well-defined taxa. The garden is already a forest. In fact, a forest is a closed tree formation. In its structure, we distinguish the following elements:

- **The trees**: they form the upper or the tree stratum. Depending on the size of their casks and the height reached, they can be divided into three categories:

- Trees with dbh greater than 50 cm: are mostly trees that emerge from the garden.
- Trees with dbh between 30 and 50 cm. Form the middle category.
- Trees with dbh less than 30 cm. They are made up in most cases, individuals who are growing. B. **Shrubs**: Usually have a dbh less than 10 cm. They form with the large grasses of the monocotyledons, the shrub layer having an estimated height of 1 – 5 m. Among the shrubs, there are those that merge with the young trees and usually have a dbh of at least 5 cm.

- **Herbs:** Apart from the large herbs that are associated with shrubs (Marantaceae), we find in this garden a good number of species that form the low herbaceous stratum.
- **Lianas:** Some lianas species have developed well in the garden, such as Cnetis ferruginea.
- **Stranglers**: Plants of the genus Ficus strangle stipes of Elaeis guineensis and trunks of other trees.
- **The epiphytic**: Beside the Stranglers, there are many plant species that live as epiphytic

3.1.5.3 DOMINANCE OF FAMILIES

Family dominance is given in Figure 10 below:

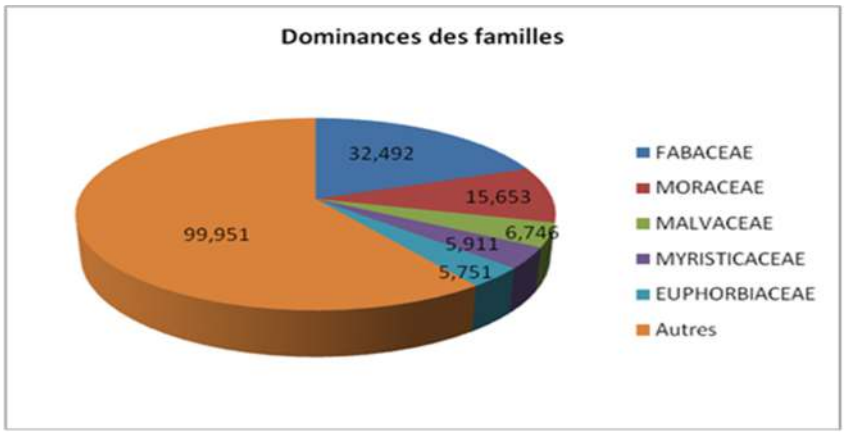


Fig. 10. Dominance of families

This figure shows that the following families are dominant: *Fabaceae, Moraceae, Euphorbiaceae, Malvaceae, Myristicaceae.*

3.1.5.4 DOMINANCE OF SPECIES

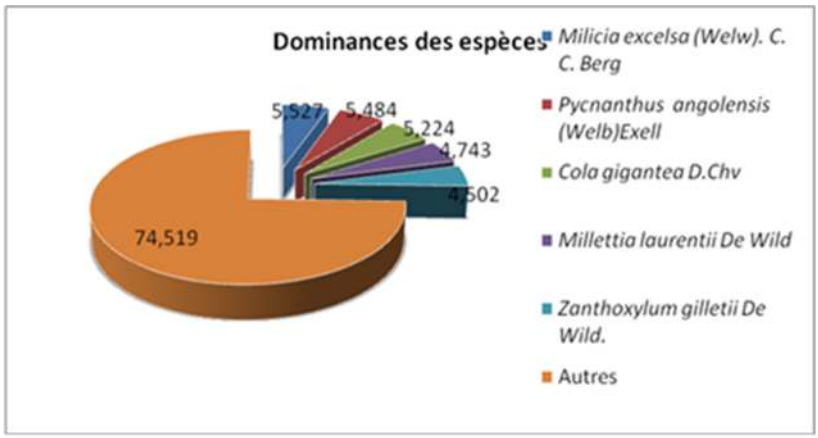


Fig. 11. Species dominance this figure reveals that the following species are dominant Milicia excelsa, Pycnanthus angolensis, Cola gigantea.

3.1.5.5 EXTINCT SPECIES

In total, 98 species that existed at least once in the garden are no longer present.

The analysis of this list shows that most of these extinct species are ornamental plants such as *Plumeria acuminata, Thevettia neriifolia, Bixa Orellana, Allamanda cathartica, Agave americana,* spontaneous species such as *Talinum triangulare, Bridelia ndellensis, Thunbergia erecta,* plants that are maintained only in the cultivated state as Pineapple *Ananas comosus, Dioscorea bulbifera* and also exotic plants from temperate areas such as *Cycas Circinalis, Cyperus Distans.*

3.1.5.6 NEWLY EMERGED SPECIES

The new species identified during this work and which are not included in the previous work are 17 (table presenting the different species newly appeared in the Garden Lisoswki new species: *Alchornea floribunda, Amaranthus viridis, Antiaris Toxicana, Bidens pilosa, Akbar Kirkii, Cassia occidentalis, Catharanthus roseus, Cleome Spinoza, Cynodon typistn, Desplatsia dewevrei, Euphorbia hirta, Musa sp, Oxyanthus speciosus, Paspalum virgatum, Physalis micrantha, Portulaca oleracea, Scaphopetalum thonneri.*

Among them, we find the forest species such as *Scaphopetalum thonneri, Akbar Kirkii, Desplatsia Dewevrei* and also plants grown as *Solanum Melongena*, Musa sp. Other species are ruderal and ségetales species.

3.1.5.7 THE DYNAMIC SPECIES OF THE GARDEN

At this point we hold some species like *Millettia laurentti, Craterispermum Cerinanthum, Averrhoa Pilea, Leptonychia Tokana, Tricalisia bequaertii, Pseudospondias microcarpa.*

3.1.5.8 THE SENESCENT SPECIES OF THE GARDEN

These species are characterized by the ageing of the organs. Among these, we have the species *Musanga cecropioides, Myrianthus arboreus, Anonidium mannii, Pericopsis elata.* Others are cultivated plants such as *Psidium Guajava, Aristolochia rangens*.

4 DISCUSSION

This work focuses on the spatial and temporal dynamics of the garden. Overall we obtained 541 individuals divided into 221 species, 60 families.

In this chapter we will try to compare our results with those of the other authors to assert or refute the following hypotheses:

- the garden would be in a state of evolution towards a natural forest;
- some species of origin would have disappeared in the garden due to environmental conditions;
- the garden would contain a number of the Recrus.

4.1 BIOLOGICAL TYPES AND THOSE OF OTHER BIOTOPES

The comparison of biological types shows a massive dominance of phanerophytes in our florule. This reflects the forest nature of our environment and it's belonging to the equatorial climate region where the flora is composed essentially of 88% of Phanerophytes [21].

This also confirms the low proportion of chaméphytes and geophytes by the fact that the large proportions of phanerophytes would be the consequence of development-friendly climatic factors which reduces the proliferation of herbs, which form the groups of Geophytes, Chaméphytes and Thérophytes.

4.2 FLORISTIC COMPARISON

We compared the flora of the botanical garden Stanislas with that of the forest at *Gilbertiodendron dewevrei* de MASAKO [22]; De *Brachystegia laurentii* de YOKO [23] and that of the same medium at 1996 [20] in this table.

Table 1. Comparaison

Forest Type	MASAKO	YOKO	J.B 1996	J.B 2011
Number of species	270	304	332	221
Ptéridophytes	10	13	10	5
Spermaphytes	260	291	321	208
Gymnosperms	1	1	2	1
Angiosperms	259	290	261	194
Monocots	37	32	59	32
Dicots	223	258	261	162

This table shows that our medium is essentially composed of the Spermaphytes among which the flowering plants are very abundant while the gymnosperms are less represented.

4.3 INTERPRETATIONS OF SPECIES DYNAMICS

Dispersal of species depends on the combination of ecological and migratory factors of species [24] cited by [20]. The physical environment and especially the climate play a major role in the dynamics of species.

- **Extinct species**

The extinct species are in most of the cultivated plants. From our observations we say that these species have not found good ecological conditions for their development. This would be the main cause but then the exotic plants were unable to withstand without favorable conservation conditions especially since they were removed in their ecological environment.

The *Ananas Comosus* species would be extirpated by the non-renewal of its cycle and other ruderal species would be extirpated by the influence of large trees and the lack of maintenance of the garden. There would also be species extinct by human action such as *Zingiber officinalis*, *Discorea bulbifera*, Citrus lemon by cutting organs (leaves, stems, flowers, roots).

- **Newly installed species**

Some other species were newly emerged as *Akbar Kirki, Antiaris Toxicana, Desplatsia Dewevrei, Scaphorpetalum tonneri* others were mostly spontaneous, allegedly brought by Zoochorie.

- **Dynamic species**

These are species that are resistant to the current ecological conditions of the garden, we believe that these are species that have found conditions similar to those in their home environment or simply they are indifferent species that Adapt to several biotopes. These species such as *Bridelia Atroviridis Mull. Arg, Funtumia africana (Benth). Staf, Carterispermum cerinanthum Heirn, Pseudospondias microcarpa (A. Rich) Eng, Musanga Cecropioides R.Br., Myrianthys Arboreus. P. Beauv; Scaphopetalum Thonnerii from Wild.* ; are considered as secondary forest species according to [21].

Other species are found to be characteristic of climax forests *Piptadeniastrum africana (Hook. F), Albizia Lebbeck (L) Beth, Milicia excelsa (WELW). C. C. Berg, Isolona Hexaloba Engl & Diels, Gilbertiodendron dewevrei J. Léornard;* According to [10] and [25]; this shows us that our study environment already has a start to a natural forest. Most shrubs that are dynamic are those that support shading conditions like; *Leptonychia Tokana R. Germain, Cathium vulgaris (K. Schum) Bull., Theobroma cacao L, Averrhoa pilea l, Hura crepitans L, Tricalysia bequaertii, Carterispermum cerinanthum Hiern,*

5 CONCLUSION AND SUGGESTIONS

The present work focused on the dynamics of the garden, 541 individuals were inventoried and distributed in 221 species, 183 genera 60 most important families are: *Fabaceae, Moraceae, Euphorbiaceae, Malvaceae, Myristicaceae.*

The florule studied is rich in Spermaphytes. The flowering plants form, almost only the flora of this territory; The Gymnosperms show only 0.22%. This is a characteristic of tropical forests marked by poverty in gymnosperms.

The comparison of our results with previous work reveals the disappearance of 98 species that are lost over time by the non-adaptation to environmental conditions of the environment, the lack of maintenance of the garden, the absence of conditions favorable to Development. The same comparison found 16 newly installed species, not reported in previous work.

REFERENCES

[1] KUKUPULA, M., 2009 : Etude de la dynamique spatio-temporelle de *Megaphrynium macrostahyum* (Bentu) Milne-renead (Marantaceae) dans la Réserve de la YOKO (Kisangani RDC) DEA inédit FS 70 p.

[2] RICHARD, F., 2008 : Des forêts des bois 121 pp.

[3] PONCEBLANC, M., 2000 : Science de la vie et de la terre, 223 p. Edition: Cécile colonna-zunguin

[4] DEBAL, A., LANATA, F., MADUNGU, A., 2010 : Les jardins botaniques en RDC 34p

[5] TOIRAMBE, B., 1986 : Inventaire des plantes cultivées au jardin botanique de la Faculté des Sciences de Kisangani, Monographie inédit FS, 36pp.

[6] Reynaud-Farrera, I., Maley, J. & Wirrmann, D. 1996. Végétation et climat dans les forêts du Sud-Ouest Cameroun depuis 4770 ans B.P. analyse pollinique des sédiments du lac Ossa. C. R. Acad. Sci. Paris, Série 2a, 322, 749–755.

[7] M. NYAKABWA. Phytocenose de l'écosystème urbain de Kisangani (RDC). Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, République démocratique du Congo, 1982.

[8] LEBRUN, J. et Gilbert, G., 1954 : une classification écologique des forêts du Congo. Pub INEAC sér. Scient. N° 63 Pages

[9] RAUNKIAER, C. 1934. – The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford Univ. Press, Oxford.

[10] LEBRUN, J, et GILBERT, G., 1954 : Une classification écologique des forêts du Congo. Publ. INEAC, série SC ; 800p.

[11] SCHNELL 1971, R. 1971. – Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. Vol. II : les milieux, les Groupements végétaux. Gauthier-Villars, Paris : 951p.

[12] FORGET, C. & Penelon, A. 1999. – Ecocertification de bois tropicaux. L'écologie par l'économie. Revue Canopée n° 15, pp11-16.

[13] LOMBA, B., 2007 : Contribution à l'étude de la phytodiversité de la réserve forestière de la YOKO (Ubundu, R.D.Congo) DES, Faculté des Science, UNIKIS 72p + annexe

[14] NSHIMBA, S, 2005 : Etude floristique écologique et phytosociologique de forêt inondée de l'ile Mbiye à Kisangani (RDC) DEA Faculté des Sciences, UNIKIS 101p + annexe.

[15] 15. BOYEMBA 2008 : Régénération naturelle post-exploitation dans le sous-bois des forêts denses humides d'Ubundu à Kisangani, RDC *Ann. Fac. Sci. Unikis 13 :49-59*

[16] DANSEREAU, P. & Lems, K. 1957. – The grading of dispersal types in plant communities and their Ecological significance. Contrib. Inst. Bot. Univ. Montréal, 71: 52 p.

[17] LANDE, R., DEVRIES, P. J. and Walla, T. R. 2000. When species accumulation curves intersect: implications for ranking diversity using small samples. Oikos 89: 601- 605.

[18] MOKBONDO, L., 1999 : Contribution à étude de la dynamique du sous-bois de l'arboretum de Kisangani Mémoire inédit, FS, 38 p.

[19] GOUNOT, M. 1969 – Méthode d'étude quantitative de la végétation. Ed. Masson & Cie, Paris, 314 p.

[20] GOUNOT, M., 1969. - Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson et Cie, Paris, 314p.

[21] KASERAKA, S., 1999 : Flore et aspect dynamique du jardin botanique de la Faculté de Sciences, Mémoire inédit FS, UNIKIS 59p.

[22] NYAKABWA, M., 1976 : Flore urbaine de Kisangani, Mémoire inédit FS, UNIKIS, 228 p.

[23] MAKANA, M., 1984 : Contribution à l'étude de l'humide du sol de différents biotopes de la FS de l'UNIKIS. Monographie inédit, 38p

[24] UMUNAY, M., 2004 : Contribution à l'étude floristique de la forêt à *Brachystegia laurentii* (De Wild.) Louis de la réserve forestière de la YOKO. Mémoire inédit FS , 52p

[25] GODRON, M., POISSONET, J. et POISSONET, P., 1967. - Méthodes d'étude des formations herbacées denses. Essais d'application à l'étude du dynamisme de la végétation. Document n° 35J C.N.R.S.C.E.P.E., Montpellier, 28p.

[26] GILBERT, G. & Troupin, G. 1951. - Flore du Congo Belge et du Rwanda-Urundi. Spermatophytes. Myristicaceae, vol.II, Publ. I.N.E.A.C, Bxl, pp 390-399.

[27]

ANNEXES

FLORISTIC LIST

FAMILY	SPECIES	TB	TD	DP
ACANTHACEAE	*Acanthus montanus (Nees) T. Anders*	NPh	Ballo	Guin
	Asystasia gangetica (L) T.Ander	Chd	Ballo	Pantr
	Graptophyllum pictum (L) Griffith	Phgr	Ballo	Cguin
	Pseuderanthemum ludovicianum	Chr	Sarco	Guin
	Sanchezia nobilis Hook.F.	NPh	Ballo	Pantr
AMARANTHACEAE	*Amaranthus viridis L.*	Thd	Sclero	Cosm
	Cyathula prostata (L.) Blume.	Thd	Desmo	Pantr
ANACARDIACEAE	*Antrocaryon nanannii (Oliv) Engl*	MsPh	Sarco	Cguin
	Lannea welwitschii (Hiern) Engl	MsPh	Sarco	Guin
	Mangifera indica L.	MsPh	Sarco	Pantr
	Pseudospondias microcarpa A.Rich	MsPh	Sarco	Afr-trp
	Spondias cytherea Sonner.	MsPh	sarco	Paléo
	Spondias mombin L.	MsPH	Sarco	Afr-trp
ANNONACEAE	*Anonidium mannii (Oliv)Engl Diel*	MsPh	Sarco	Cguin
	Cananga odorata (Lam.) Hook.F.	MsPh	Sarco	Pantr
	Isolona congolana Engl & Diels.	MsPh	Sarco	Guin
	Isolona hexaloba Engl & Diels.	MsPh	Sarco	Cguin
	Monodora angolensis Welw.	MsPh	Sarco	Cguin
	Monodora myristica (Gaerth.) Dunal.	McPh	Sarco	Guin
	Xylopia aethiopica (Dunal). A. Rich.	MsPh	Sarco	CGC
APOCYNACEAE	*Cantharanthus roseus (L.) G. Dom.*	Ch	Sarco	Pantr
	Funtumia africana (Benth).Staf.	MsPh	Pogo	Cguin
	Gongronema latifolium Benth.	PhGr	Sarco	Afr-trp
	Landolfia owariensis P.Beau.	PhGr	Sarco	Afr-trp
	Rauvolfia vomitoria Afzel.	NPh	Sarco	Guin
ARACEAE	*Anthurium andraeanum Lind.*	Gr	Sarco	Pantr
	Colocasia esculenta(L) Schott.	Grh	Sarco	Pantr
	Scindapus aeraeus Eng.	Grh	Sarco	Pantr
	Xanthosoma sagitifolia Schott.	Gb	Sarco	Pantr
ARALIACEA	*Polyscias balfouriana Bailey.*	PhGr	Sarco	Pantr
ARECACEAE	*Areca cathecu L.*	MsPH	Sarco	Pantr
	Arenga pinnata (Wurmb) Mirril.	McPh	Sarco	Pantr
	Borassus aethiopum Mart.	MsPh	Sarco	Afr-trp
	Elaeis guineensis Jacq.	McPh	Sarco	Guin
	Raphia gilleti (De Wild.) Becc	MsPh	Sarco	Afr-trp
	Rostonea regia O.F.Cook	PhGr	Sarco	Pantr
ARISTOLOCHIACEAE	*Aristolochia ringens Vahl.*	McPh	Ballo	Guin
ASPARAGACEAE	*Cordiline terminalis Kunth*	McPh	Sarco	Pantr
	Dracaena arborea (Wild) Link	NPh	Sarco	Guin
	Dracaena nitens Welw	McPh	Sarco	Afr-trp
	Sansevieria trifasciata Prain	Gr	Sarco	Pantr
ASPLENIACEAE	*Asplenium africanum Desv*	Grh	Sclero	Pantr
ASTERACEAE	*Ageratum conyzoides L.*	Thd	Desmo	Pantr
	Bidens pilosa L.	Thd	Desmo	Pantr
	Eleutheranthera ruderalis SW.	Thd	Ptero	Pantr
	Synedrella nodifolia Gaerth	Thd	Ptero	Pantr
	Vernonia amygdalina Del.	McPh	Pogo	Afr-trp
BIGNONIACEAE	*Fernandoa adolfi- frederici Heine*	MgPh	Ptero	RDC
	Kigelia africana (lam) Benth	MsPh	Baro	Afr-trp
	Newbouldia laevis Seem.	McPh	Sarco	Afr-trp

CARICACEAE	*Carica papaya L.*	McPh	Ballo	Pantr
CLEOMACEAE	*Cleome spinosa Jacq.*	Thr	Sclero	Cosm
CLUSIACEAE	*Garcinia cola Heckel*	MgPh	Sarco	Guin
	Mammea africana Sabine	MgPH	Sarco	Cguin
COMBRETACEAE	*Combretum lokele Liben*	MgPh	Ptero	RDC
	Terminalia superba Engl& Diels	MsPH	Sarco	Guin
COMMELINACEAE	*Palisota hirsuta (Thumb) K. schum*	Chd	Sarco	Cguin
	Zebrina pendula Schnitzl	Chpr	Sarco	Pantr
CONNARACEAE	*Cnestis ferruginnea DC*	PhGr	Sarco	Cguin
CONVOLVULACEAE	*Ipomoea involucrata Beauv*	Gt	Sarco	Afr-trp
	Ipomoea mauritiana Jacq	Gt	Sarco	Pantr
COSTACEAE	*Costus lucanusianus J.Braun*	Gr	Sarco	Pantr
	Costus phyllocephalus K. Schum	Gr	Sarco	Pantr
CUCURBITACEAE	*Coccinea barteri(Hook.F) Keay*	PhGr	Sarco	Afr-trp
	Lagenaria breviflora Benth	Thgr	Sarco	Afr-trp
	Momordica charantia L.	Thgr	Sarco	Pantr
EUPHORBIACEAE	*Acalypha neptunica Mull.Arg*	NPh	Sarco	Cguin
	Alchornea cordifolia	McPh	Sarco	Afr-trp
	Alchornea yambuyaensis De Wild.	NPH	Sarco	Guin
	Bridelia atroviridis Mull. Arg.	McPh	Sarco	Afr-trp
	Croton haumanianus J.Léonard	MsPh	Sarco	Cguin
	Dichostema glaucescens Pierre	McPh	Sarco	Cguin
	Euphorbia hirta L.	Thr	Sclero	Pantr
	Hevea brasiliensis (Willd.).Mull.Arg	MgPh	Ballo	Pantr
	Hura crepitans L	MsPh	Sarco	Pantr
	Jatropha curcas L.	McPh	Sarco	Cguin
	Macaranga spinosa Mull.Arg.	MsPh	Sarco	Cguin
	Manihot esculenta Crant	Gt	Ballo	Pantr
	Maniophyton fulvum Mull.	MsPh	Ballo	Cguin
	Ricinodendron heudelotii Pierre	MsPh	Sarco	Pantr
	Tetrorchidium didymostemon Pax	MsPh	Sarco	Pantr
FABACEAE	*Acassia sp.*	MsPh	Ballo	Guin
	Acassia kirkii Oliv	MsPH	Ballo	Afrotrp
	Afzelia bella Harms	McPh	Sarco	Cguin
	Albisia gummifera	MsPh	Ballo	Guin
	Albizia chinensis (Osbeck) Merril	MsPh	Ballo	Guin
	Albizia ferruginea (Guill. &Pierre)	McPh	Ballo	Guin
	Albizia lebbeck (L) Beth	MsPh	Ballo	Guin
	Anthonotha macrophylla. P. Beauv	MgPh	Ballo	Guin
	Aphanocalyx cynometroides Oliv	MsPH	Ballo	Paléo
	Baikiaea insignis Benth subsp.	MsPh	Ballo	CGC
	Cassia fructicosa Mill	MsPH	Ballo	AfrAm
	Cassia hirsuta L.	NPH	Ballo	Pantr
	Cassia occidentalis L.	NPH	Baro	Pantr
	Cassia siamea Lam	NPH	Ballo	AfrAm
	Cassia Spectabilis DC	McPh	Baro	Pantr
	Centrosema pubenscens Benth	McPh	Desmo	Cguin
	Dalbergia laxiflora Micheli	Phgr	Desmo	Afr-trp
	Dalhousia africa S. Moore	PhGr	Desmo	RDC
	Delonus regia Raf.	MsPh	Baro	Cguin
	Dioclea reflexa Hook.F	PhGr	Desmo	Cguin
	Gilbertiodendron dewevrei J.L.	MsPh	Baro	Cguin
	Leeucaena leucocephala Lam.	McPh	Sarco	Pantr
	Millettia drastica Welw	MsPh	Ballo	Cguin
	Millettia elskensii De Wild	Phgr	Ballo	Cguin
	Millettia harmsiana De Wild	Phgr	Ballo	Pantr

	Millettia laurentii De Wild	MsPh	Ballo	Cguin
	Millettia versicolor. Welw. Ex. Bak	MsPh	Ballo	Cguin
	Monopetalantus microphyllus.Harms	MgPh	Baro	Cguin
	Panchyelasma tessmanii (Harms) Harms	MsPh	Sarco	Afr-trp
	Paramacrolobium coerulum J. Leonard	McPh	Sarco	Pantr
	Pentaclethra macrophylla Benth	MsPh	Ballo	Guin
	Pericopsis elata (Harms) van Meeuven	MgPh	Ballo	RDC
	Piptadeniastrum africana (Hook.F) Brenan	MgPh	Ballo	Guin
	Pterocarpus soyauxi Taub	MgPh	Sarco	Cguin
	Scorodophloeus zenkeri Harms	MgPH	Ballo	Afr-trp
	Tamarindus indica L	McPh	Ballo	Cguin
	Tetrapleura tetraptera Thonn	McPh	Ballo	RDC
	Vigna racemosa Hutur & Dalz	Chgr	Sarco	Pantr
	Vigna vexillata (L) Benth	Chgr	Desmo	Pantr
IRVINGIACEAE	*Irvingia gabonensis Ex. O'Rooke*	MgPh	Sarco	Cguin
	Irvingia grandifolia (Eng).Eng	MgPh	Sarco	CGC
LAMIACEAE	*Clerodendrum Schweinfurthii Gur*	PhGr	Sarco	Cguin
	Congea velutina vight	PhGr	Sarco	Afr-trp
	Solenostemon monostachyus P. Beauv.	Thd	Sarco	Afr-trp
	Tectonia grandis. L	MsPh	Sarco	Pantr
	Vitex welwitshii Gurke	MsPh	Sarco	Cguin
LAURACEAE	*Persea americana Mull.*	MsPh	Sarco	Pantr
LECYTHIDACEAE	*Petersianthus macrocarpus Liben*	MgPh	Ptero	Guin
LILIACEAE	*Curculogo recurvata Ait.*	MsPh	Sarco	Cguin
LINACEAE	*Hygonia plastysepala welw. Ex oli*	Phgr	Sarco	Guin
MALVACEAE	*Laportea aestturans (L) Chew*	Thd	Desmo	Pantr
	Cola gigantea D.Chv	McPh	Sarco	Cguin
	Desplasia dewevrei De Wild. &Th.	McPh	Sarco	Guin
	Gluphaea brevis (Spreng.) Monach	McPh	Sclero	Afr-trp
	Hibiscus schizopetalus(Mast) Hoddof	NPh	Sarco	Afr-trp
	Leptonychia tokana R.Germain	McPh	Sarco	RDC
	Malvaviscus arboreus CAV	NPh	Sarco	Pantr
	Pachira acquatica Aublet	McPh	Pogo	Pantr
	Pterygota bequaertii De Wild	McPh	Sarco	Cguin
	Scaphopetalum thonnerii Dewild. & Th.Dur.	McPh	Sarco	Cguin
	Sida acuta Burn	Chd	Desmo	Pantr
	Theobroma cacao L	McPh	Sarco	Pantr
	Urena lobata L.	Chd	Desmo	Pantr
MARANTACEAE	*Ataenidia conferta (Bentz) K.*	Grh	Sarco	Guin
	Trachyphynium braunianum.(K.Schum) Bak	PhGr	Sarco	Guin
MELASTOMATACEAE	*Bellucia aubletii Seem*	McPh	Sarco	Afr-trp
MELIACEAE	*Antandrophragma candolei Harms*	McPh	Ptero	CGC
	Carapa procera DC.var procera	MsPh	Sarco	RDC
	Entandrophragma utile Sprague.	MsPh	Ptero	Guin
	Trichilia welwitshii C.DC	MsPh	Sarco	CGC
MENISPERMACEAE	*Cisampelos owariensis P. Beauv.*	Phgr	Sarco	Guin
MORACEAE	*Antiaris toxicana Well.*	MsPh	Sarco	Afr-trp
	Artocarpus insisa L. F	MsPh	Sarco	Pantr
	Ficus asperifolia Miq.	MsPH	Sarco	Afr-trp
	Ficus bubu Warb	MsPh	Sarco	Cguin
	Ficus seretti lebrun & Boutique	MsPH	Sarco	Cguin
	Ficus sp	MsPh	Sarco	Afrotrp
	Ficus valis -choudae Del	MsPh	Sarco	Afrotrp
	Milicia excelsa (Welw). C. C. Berg	MgPh	Sarco	Cguin
	Musanga Cecropioides R.Br.	MsPh	Sarco	Cguin

	Myrianthys arboreus .P.Beauv	McPh	Sarco	Guin
	Trilepisium madagascariensis DC	MsPh	Sarco	Cguin
MUSACEAE	*Musa sp*	Grh	Sarco	Pantr
MYRISTICACEAE	*Pycnanthus angolensis Welb*	MsPh	Sarco	Cguin
	Staudia gabonensis Warb	MsPh	Sarco	Cguin
MYRTACEAE	*Psidium guajava L*	McPh	Sarco	Cguin
	Syzygium congolensis Vermoeser.ex.Amsh	MsPh	Sarco	Cguin
	Syzygium jambos (L) Aloton	MsPh	Sarco	Afr-trp
NEPHROLEPIDACEAE	*Nephrolepis acutifolia (DSV) Chuist*	G epi	Sclero	Pantr
	Nephrolepis biserata (S.W) Alston	Grh	Sclero	Cguin
OCHNACEAE	*Rhabdophyllum arnoldinum De Wil*	McPh	Sarco	Cguin
OXALIDACEAE	*Averrhoa carambola L*	McPh	Sarco	Pantr
	Oxalis barrelieri L.	Thd	Sarco	AfrAm
PANDANACEAE	*Pandanus Sanderi Mast*	McPh	Sarco	Pantr
	Pandanus pacificus.Weitch	McPh	Sarco	Pantr
PHYLLANTHACEAE	*Breynia nivosa (W.G.Sm) Small*	McPh	Sarco	Pantr
	Phyllantus niururi L.	Thd	Ballo	Paléo
	Uapaca guineensis Mull.Arg	MsPh	Sarco	Cguin
PIPERACEAE	*Peperomia pellucida (L) H.B. et K*	Thd	Sarco	Pantr
POACEAE	*Bambusa vulagaris Schrad.*	MsPh	Sclero	Afr-trp
	Cynodon dactylon (L.) Pers.	Ch	Sclero	Cosm
	Panicum brevifolium L	Thr	Sclero	Paléo
	Panicum maximum L.	Ch	Sclero	Pantr
	Panicum repens L	Grh	Sclero	Pantr
	Paspalum conjugatum Berg	Chr	Sarco	Pantr
	Paspalum virigatum Steud.	CH	Sclero	Cosm
POLIPADIACEAE	*Microsorium punctatum (L) copel*	G épi	Sclero	Cosm
	Phymatosorus scolopendria Pic.	G épi	Sclero	Cosm
PORTULACACEAE	*Portulaca oleracea Link.*	TH	Ballo	Pantr
RUBIACEAE	*Cathium vulgaris (K.Schum) Bull*	PhGr	Sarco	Afo-trp
	Coffea canephora Pierre	NPh	Sarco	Pantr
	Coffea robusta Pierre.	McPh	Sarco	RDC
	Craterispermum cerinanthum Heirn	McPh	Sarco	Cguin
	Heinsia crinita (Afzel) G. Tayl	McPh	Sarco	Guin
	Ixora coccinea (BL) DC	NPh	Sarco	Pantr
	Ixora javanica L	NPh	Sarco	Pantr
	Morinda lucida Benth	MsPh	Sarco	Guin
	Oxyanthus speciosuis DC	MsPH	Sclero	Cosm
	Oxyanthus unilocularis Hierm	MgPh	Sarco	Guin
	Pauridianta callicarpoide (Heirn Bremek)	MsPh	Sarco	Cguin
	Tricalisia bequaertii De Wild	McPh	Sarco	Cguin
	Trilepisium madagascariensis DC	MsPh	Sarco	Cguin
RUTACEAE	*Zanthoxylum gilletii De Wild.*	MgPh	Sarco	Afr-trp
	Zanthoxylum lemaeri De Wild	McPh	Sarco	Guin
SALICACEAE	*Barteria nigritiana Hook. F.*	McPh	Sarco	Afr-trp
	Caloncoba crepiniana (De Wild & Th). Gilg	McPh	Sarco	RDC
SAPINDACEAE	*Allophylus africana P.Beauv.*	McPh	Sarco	Afr-trp
	Blighia weluritschii (Hiern) Radlk	McPh	Sarco	Afr-trp
SAPOTACEAE	*Autranella concolensis De Wild*	MgPh	Sarco	Cguin
	Synsepalum Stipulatum Schum	McPh	Sarco	Guin
SOLANACEAE	*Capsicum frutescens Roxb*	NPh	Sarco	Pantr
	Physalis angulata L	Thd	Sarco	Pantr
	Physalis micrantha Link.	Thd	Sclero	Pantr
	Solanum melongena L.	Chg	Sclero	Pantr
STERLITZIACEAE	*Ravenala madagascariensis Sonne*	MsPh	Sarco	Pantr
THOMANDERSIACEAE	*Thomandersia heinsii De Wild& Th*	NPH	Ballo	Cguin

VITACEAE	*Cyphostemma adenocoulestend A.*	Chg	Sarco	Cguin
ZAMIACEAE	*Encephalarthos laurentianus De Wild.*	MsPh	Sarco	Afr-trp
ZINGIBERACEAE	*Afromomum sanguineum (K. Schum) K.*	Gr	Sarco	Afr-trp

Branch s/ Branch Class s/ Class	Order	Families	No. of species	No. of individuals
Branch : Magnoliophyta	Lilliales	Liliaceae	1	1
s/ Branch : Magnoliophytina	Asparagales	Asparagaceae	4	5
Class : Lilliopsida	Alismatales	Araceae	4	4
S/ Class : Lilliidae	Pandanales	Pandanaceae	1	3
S/Class : Commelinidae	Arecales	Arecaceae	6	20
	Commelinales	Commelinaceae	2	2
	Zingiberales	Maranthaceae	2	23
		Sterliziaceae	1	2
		Musaceae	1	1
		Costaceae	2	2
		Zingiberaceae	1	1
	Poales	Poaceae	7	8
Class Magnoliopsida	Magnoliales	Annonaceae	7	7
		Myristicaceae	2	28
	Laurales	Lauraceae	1	2
	Piperales	Aristolochiaceae	1	1
		Piperaceae	1	1
	Cariophyllales	Amaranthaceae	1	2
		Portulacaceae	1	1
Branch : Rosophytina	Rosales	Moraceae	11	23
Class : *Rosopsida*	Oxalidales	Oxalidaceae	2	19
s/Class : Eurosidae I		Connaraceae	1	5
	Ranunculales	Menispermaceae	1	1
	Vitales	Vitaceae	1	1
	Myrtales	Combretaceae	2	4
		Myrtaceae	3	7
Eurosidae II		Melastomataceae	1	1
	Fabales	Fabaceae	39	89
	Malpighiales	Irvingiaceae	2	2
		Clusiaceae	2	3
		Pandaceae	1	1
		Ochnaceae	1	1
		Phyllanthaceae	3	3
		Salicaceae	2	4
		Euphorbiaceae	9	35
		Linaceae	1	1
	Cucurbitales	Cucurbitaceae	3	3
	Malvales	Malvaceae	13	65
	Sapindales	Sapindaceae Meliaceae	2	2
		Anacardiaceae	4	8
		Rutaceae	6	22
		Caricaceae	2	5
	Brassicales	Cleomaceae	1	1
			1	1

Class : *Asteropsida*	Ericales	Sapotaceae	2	2
S/Class : Préastéridae		Lecythidaceae	1	1
	Gentianales	Rubiaceae	14	62
S/Class : Euasteridae I		Apocynaceae	5	14
	Lamiales	Acanthaceae	5	8
		Lamiaceae	5	6
		Bignoniaceae	3	7
		Thomandersiaceae	1	1
	Solanales	Solanaceae	4	4
		Convolvulaceae	2	2
	Asterales	Asteraceae	5	5
S/Class : *Euasteridae* II	Dipsacales	Araliaceae	1	1
Branch : Spermaphyta	Zamiales	Zamiaceae	1	2
S/ Branch : Pinophytina				
Class : Cycadopsida				
Branch : Pteridophyta	Filicales	Aspleniaceae	1	1
S/Branch : Pteridophytina		Nephrolepidiaceae	2	2
Class : Leptofilicidae		Polipodiaceae	2	2
Total	**31**	**60**	**221**	**541**

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1876-1885
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Ontologie et phénoménologie du temps : Réflexions sur les usages du temps en Histoire

[Ontology and Phenomenology of Time : Thinking about the practices of Time in History]

Saha Zacharie

Département d'Histoire, Université de Dschang, Dschang, BP : 262 Dschang, Cameroon

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

ABSTRACT: This communication aims to examine the concept of time in its empiric, abstract or philosophical representations which can interest the historian. For that purpose it questions the *a priori* and the reality of time as it can understandingly conceive by an individual or a group on the one hand and in relationship with the historians' needs in methodological and epistemological fields on other part. It therefore explores the responses to the difficult question to know what time is in itself and for oneself. In other words, this paper sketches the reflection at a time on the phenomenological and ontological extents and attempts to discern their implications in research and writing according to historian viewpoint. In other words, it approaches the practices that history can make of the various conceptions of time. It is a manifold approach thinking that is elaborated from the poetic, philosophical and scientific texts. As results, I can state that there are various conceptions and significance of time and historians have to take them in account.

KEYWORDS: Time, past, History, story, duration, chronology, research, teaching.

RESUME: Ce travail examine le concept de temps dans ses représentations empiriques, abstraites ou philosophiques qui soient susceptibles d'intéresser l'historien. Pour ce faire, il questionne les *a priori* et la réalité du temps tel que l'entendement le conçoit et que l'individu ou le groupe le vit d'une part et par rapport aux préoccupations historiennes d'ordre méthodologique ou épistémologique d'autres part. Aussi s'emploie-il à explorer les réponses à la difficile question de savoir ce que c'est que le temps en soi et pour soi. Autrement dit, ce papier esquisse à la fois la réflexion sur les dimensions ontologique et phénoménologique du temps et tente de dégager leurs implications du point de vue de la recherche et de l'écriture historiennes. En d'autres termes, il aborde les usages que l'historien peut faire des différentes conceptions du temps. C'est une réflexion transversale et plurielle qui est élaborée à partir de l'expérience, des textes poétiques, philosophiques et scientifiques. Elle montre que les conceptions et les significations du temps sont très diverses et que l'historien a intérêt à en tenir compte dans son métier.

MOTS-CLEFS: Temps, passé, Histoire, récit, durée, chronologie, enseignement, recherche.

1 INTRODUCTION

« D'une manière générale, la corporation des historiens a tendance à privilégier une pratique empirique et refuse, avec un certain mépris, la réflexion théorique, écrit Thierno Moctar Bah » à l'introduction de son monumental ouvrage sur l'historiographie africaine publié dans la série livre de CODESRIA [1]. Ce constat apparemment banal traduit une réalité fort cruelle pour la discipline Histoire. Tout se passe comme si la réflexion sur l'Histoire par les historiens en tant que champ de

[1] T. M. Bah, *Historiographie africaine : Afrique de l'Ouest et Afrique Centrale*, CODESRIA, 2015 [ISBN :2869785992,782869785991],« Introduction », p.1, http://www.codesria.org/spip.php?article2286&lang=en

savoir ou de la connaissance relèverait du tabou voire de l'interdit. Je postule que cette attitude par trop circonspecte vis-à-vis de la réflexion théorique sur l'Histoire inhibe l'innovation et le progrès. Se soustraire de tâche de penser l'Histoire n'est donc pas sans préjudice pour le métier de l'historien. Fort heureusement, l'intérêt grandissant des problématiques de l'interdisciplinarité voire de la transdisciplinarité s'accompagne d'une prise de conscience des historiens sur la nécessité de réfléchir sur l'Histoire. C'est pourquoi, je me suis risqué à explorer le concept de temps, une donnée clé et complexe en Histoire. Des débats récents, comme celui relatif à l'histoire du « Temps présent » a stimulé ma réflexion sur le temps en Histoire.

Le concept de temps comme objet de réflexion dans cette communication a pour question de recherche celle de savoir qu'est-ce que le temps et quels usages en fait ou peut en faire l'historien ? Cette interrogation centrale donne lieu à son tour à une multitude de questions qui traduisent les multifacettes du temps en tant que donnée à la fois empirique et abstraite. Peut-on prédire l'avenir? Peut-on abolir le temps? Peut-on mesurer le temps ? Peut-on parler de la fin des temps ? Quelles sont les structures du temps ? Quelles sont les catégories du temps ? Il s'agit des vieilles questions que se pose aussi bien le profane comme moi que les éminents savants de la trame de Stephen Hawking. Dans son ouvrage de vulgarisation scientifique en langage facile intitulé *Une brève histoire du temps : du Big Bang aux trous noirs*, il rappelle ces questions apparemment si simples, mais combien fondamentales et difficiles : « D'où vient l'univers et où va-i-il ? A-t-il eu un commencement, et si oui, qu'y avait-il avant ? Quelle est la nature du temps ? Aura-t-il une fin ? » [2]. Je n'ai ni l'ambition, ni les moyens de répondre à ces questions angoissées et proprement métaphysiques. En revanche, il me paraît plus légitime et censé de savoir quels sont les usages du temps en Histoire ? Je n'ai pas la prétention de donner à chacune de ces questions une réponse évidente. L'ambition ici est simplement de stimuler précisément la curiosité du jeune chercheur historien, en l'occurrence, l'étudiant de Master ou de doctorant, à propos de la réflexion sur un concept crucial qui ne semble pas retenir toute l'attention qu'il mérite. Le temps en Histoire étant une thématique fondamentale et si complexe, elle se prête volontiers à toutes les élucubrations. Dans cette perspective, je me suis permis quelque liberté.

Je commencerai par quelques définitions liminaires avant d'aborder tour à tour les conceptions ou significations du temps, les catégories et structures du temps, le temps en rapport avec la divinité et la socialisation et enfin, les usages du temps dans l'enseignement, la recherche et l'écriture de l'histoire.

2 DÉFINITIONS PRÉLIMINAIRES

Quelques définitions sont indispensables pour saisir ce que nous entendons dans le cadre de cette communication d'ontologie et de phénoménologie. Les deux concepts se situent dans un domaine majeur de la Philosophie qu'on appelle Métaphasique. Au sens kantien, « la Métaphysique devient, dans le cadre de la philosophie critique, l'inventaire des connaissances qui dépendent de la raison seule – indépendamment de l'expérience – et de ses conditions d'existence »[3].

2.1 ONTOLOGIE

Selon G. Durozoi et A. Roussel, le terme ontologie qui daterait du 17e siècle désigne en Philosophie Classique la « Science de l'être en général » et en Philosophie Contemporaine, « l'étude ou les conceptions de l'existence en général, telles qu'on les rencontre notamment dans les versions de l'existentialisme » [4].

2.2 PHÉNOMÉNOLOGIE

Quant à la Phénoménologie, elle est « au sens général, [l']étude descriptives d'un ensemble de phénomènes » : « En Philosophie Moderne, mouvement philosophique inaugurée par Husserl pour fonder la philosophie comme une science rigoureuse, capable de fonder à son tour les sciences elles-mêmes dans leurs démarches spécifiques. Il s'agit de revenir « aux choses mêmes afin d'en saisir les essences au terme de la réduction eidétique [5]. » "For Heidegger, phenomenology is the

[2] S. Hawking, *Une brève histoire du temps : du Big Bang aux trous noirs*, in http://ekladata.com/sUfUytN9__Eb47ukDzQTivdf-ps/Stephen-Hawking-Breve-histoire-du-temps.pdf, p. 10.
[3] G. Durozoi et A. Roussel, *Dictionnaire de Philosophie*, Paris, Nathan, 2007, p. 259.
[4] *Ibid*, p. 281.
[5] G. Durozoi et A. Roussel, *Dictionnaire de Philosophie*, Paris, Nathan, 2007, p. 281.

attempt to make manifest the matters (die **Sachenselbst**) as they manifest themselves. As a radical allegiance to the things themselves, phenomenology can never be a single method. [6]"

Toutefois, c'est en définissant l'histoire que l'on peut mieux appréhender les imbrications qui existent entre le temps et la discipline Histoire. Une telle clarification a sans doute le mérite de préciser dès le départ le cadre théorique dans lequel s'inscrit cette réflexion sur le temps.

2.3 HISTOIRE ET HISTOIRE

De manière prosaïque, l'histoire peut désigner trois réalités ; à savoir, l'histoire comme passé voire comme temps, l'histoire comme connaissance du passé, autrement dit du temps (le contenu du temps) vécu par les hommes et l'histoire comme étude ou science qui a pour objet le passé des hommes et des peuples ; dans cette dernière assertion, le 'h' prend couramment le caractère d'imprimerie, c'est-à-dire H. Ce qui donne l'orthographie Histoire.

3 CONCEPTIONS OU SIGNIFICATIONS DU TEMPS

A la moindre réflexion sur le temps s'invitent les théories de la connaissance. Ce n'est pas le champ dans lequel, un historien serait particulièrement à l'aise mais compte tenu de l'importance du rapport que l'historien est censé avoir au temps, l'exercice n'est pas dénué d'intérêt. A la question de savoir qu'est-ce que le temps, il serait difficile d'avoir une réponse unique et univoque. Les définitions que je propose ont été élaborées à partir des usages et du langage familier relatif au temps et l'expérience. C'est une approche phénoménologique qui, me semble-t-il, se prête davantage aux préoccupations historiennes. J'attends avec Samuel Enoch Stumpf et James Fisher dans *Philosophy : History and Problems* [7] par approche phénoménologique du temps celle qui met de côté des questions soi-disant objectives appréhendées à partir de la nature même des choses et qui propose d'explorer le phénomène ou les choses davantage au travers d'une démarche subjective. Celle-là privilégie l'expérience à la pure spéculation abstraite qui part de la raison ou prétends partir de la raison. C'est-à dire qu'entre approche ontologique et approche phénoménologique, le choix a été vite fait quant à ce bref essai sur le concept temps ou plus modestement sur la notion du temps.

Dans cet ordre d'idées, je me contente dans cette communication de cinq définitions ou significations du temps qui donnent en même temps une idée de ce que peut être l'éventail d'une catégorisation du temps. Il va sans dire qu'un effort de définition du temps débouche forcement sur une certaine catégorisation du temps. Tel un fugitif, un *wanted* à la Western, ce fameux genre de scénario du cinéma américain, il vaut mieux appréhender le temps par ce qui permet de le nommer, de le figer et de le dompter ; dans l'espoir de devenir le chérif du temps, cet insaisissable. D'emblée, lorsqu'on se penche sur la question, il vient à l'esprit le temps vécu et le temps abstrait ou mythique et les 5 autres définitions peuvent être considérées comme étant des variances des grandes conceptions. Toutefois, cela n'enlève rien à leur pertinence académique et scientifique au regard de l'Histoire.

3.1 TEMPS-VÉCU

Descartes (1596-1650) considère que le temps, n'a pas autre substance que l'expérience de son vécu. [8] À l'instar d'Aristote, il traduit selon lui le mouvement. Il en est justement la mesure. Nous sommes des automates du temps, la force par laquelle tout se meut d'après les lois naturelles inchangeables, prescrites par Dieu. [9] C'est le temps de notre aventure humaine, complètement assujetti à nos états d'âme, à nos émotions, à nos pulsions, à nos sens. Un tel temps est la

[6] D. Moran, *Introduction to phenomenology*, Rutledge; Taylor & Francis Group, 2000 for hard copy first edition; edition published in the Taylor & Francis e-Library, 2002. London and New York
in http://www2.arnes.si/~jlozar2/6%20FENOMENOLOGIJA%20D%20BOLONJSKI%20PROGRAM/MORAN.pdf (17.05.2015)

[7] D'après ces auteurs, la phénoménologie a été lancée par E. Husserl (1859-1938) et revue par M. Heidegger (1889-1976) et bien d'autres, voir S. Enoch Stumpf, et J. Fisher, Philosophy :*History and Problems*, 6th ed., New York, McGraw Higher Education, 2003, [Chapter 18: "Phenomenology and existentialism"] p. 445.

[8] Dans la même optique, l'espace ne peut non plus se concevoir en dehors de la matérialité concrète et localisable qui l'occupe. Il s'en suit que l'espace n'est pas autre chose que l'extension de la matière. Cette difficulté à appréhender le temps par lui-même est révélatrice de la difficulté à saisir le temps aussi par lui-même. Cf. J. I. Omregbe, *Methaphysics Without Tears: A Systematic and Historical Study*, Lagos, Joja Educational research and Publishers Limited, 1996, (p. 168 pour sa tranche de vie) p. 171.

[9] *Ibid.*, p. 172.

matérialisation humaine de ce que c'est que le temps. Il ne saurait nous affranchir puisque, comme dirait Platon, il est le reflet du monde sensible. Pour être appréhendé, l'on n'a pas besoin de s'élever, de se mettre à l'école de la dialectique.

3.2 TEMPS-ABSTRAITE

Dans la pure abstraction, le temps, comme l'espace d'ailleurs, nous fait penser à la métaphysique spinozienne (Spinoza, 1652-1677), qui dans un élan nihiliste affirme qu'il n'y a ni finalité, ni but dans l'univers et l'idée de but en la nature est une pure invention humaine (« there is no finality, no purpose in the universe). Selon lui, tous les événements de l'univers découlement nécessairement de la nature divine. ("The Idea of purpose in nature is, according to Spinosa, simply a human invention »). [10] Le temps en soi relèverait donc d'une pure abstraction. C'est le temps défini par lui-même, conçu et appréhendé par le biais de son ontologie. Il est alors d'une sécheresse qui découragerait l'historien. Cependant, c'est la catégorie de temps qui autorise un degré de connaissance et sans doute le plus accompli pour la simple raison qu'il est donné à l'esprit et non aux seuls sens si limités pour être en mesure de le connaître. C'est au sens esthétique du langage, le temps le plus accompli puisqu'il ne souffre de rien. C'est la perfection parce qu'il ne s'agit justement enfin de compte que de l'idée du temps. Ce temps-là n'a pas de visage. Et puisqu'il n'en a point, il saurait être altéré, ridé par l'épreuve de l'existence. À vrai-dire, en tant pure idée, le temps abstrait ne saurait avoir de visage. Par contre, le temps-passé que je vais évoquer ci-après est une donnée plutôt tangible et qui se conçoit dès lors sans effort ou presque.

3.3 TEMPS-PASSÉ OU TEMPS-HISTOIRE

Je rappelle tout simplement que l'histoire peut se définir comme la connaissance du passé en même temps comme le passé lui-même. Or, le passé, c'est également le temps passé qui ne peut être appréhendé fondamentalement que par son contenu ou ce qui la immortalisé ou ses vestiges. Moralité, il existe bel et bien un temps assimilable à l'histoire. D'habitude, s'exclamer avec mépris en disant à la figure d'un interlocuteur que « c'est de l'histoire ! » voudrait dire « c'est du passé ». Ce passé précisément, c'est de l'histoire. Aussi peut-on, choisir de dire « tout ça, c'est de l'histoire ancienne » pour dire que c'est du passé parce que c'est passé. À travers ce jeu de mots qui a l'air rebutant, je tiens simplement à appréhender une autre perception si courante du temps par le commun du mortel. Ce temps-là n'est pas du tout abstrait. Il est chargé d'histoires et il finit par se confondre à l'histoire. Mais il s'agit ici d'une histoire générale ou brute qui n'intéresse personne de manière particulière, une histoire non appropriée mais dont on sait intuitivement qu'elle a existé effectivement. C'est ce que j'appelle du temps comme passé ou du temps-histoire qui n'est pas à confondre avec temps comme historicité.

3.4 TEMPS-HISTORICITÉ OU TEMPS-SOCIAL

C'est la perception du temps qui se prête mieux à l'Histoire. L'on peut l'appeler aussi temps-social. Il peut être divisible en deux sous-temps : le temps matériel vécu concrètement par la société et le temps mythique vécu symbolique par la société ou le groupe. C'est le temps vrai puisque son contenu est réalisé par la société ou le groupe social qui par ce truchement, se réalise lui-même. C'est le temps assumé, plein, qui s'étale sur l'échelle du temps en ce sens qu'il est l'expression existentialiste du groupe au triple regard de son passé, de son présent et son futur. Il est fait à la fois de la mémoire sélective, rappelant l'histoire parcellaire vécue et l'histoire mythique qui n'a jamais été vécue autrement qu'à travers des constructions mentales et des rêves légitimés par la conscience du groupe.

Le temps-historicité suppose une pleine connaissance du passé, un passé assumé, une pleine appréhension des enjeux du temps présent par rapport au passé et au futur. Le temps-historicité implique également qu'il ait existé une volonté de légitimer le passé vis-à-vis de la postériorité. Le temps-historicité ressemble ainsi, à s'y méprendre, à ce qu'il convient d'appeler le temps-futur bien que ce dernier n'ait pas en réalité la même signification pour le groupe ou la société.

3.5 LE TEMPS-FUTUR

« Time will tell » (« Le temps le dira »), voilà apparemment une assez curieuse façon de parler du temps. Il s'agit visiblement d'un temps qui n'existe pas encore logiquement mais qui existe pourtant en soi ; pourquoi ? Parce que celui qui le dit avec tant d'assurance n'a au demeurant aucune prise sur ce temps. Il ne peut ni le faire apparaître par anticipation ni empêcher son avènement. L'on reste-là une fois de plus dans une mystique du temps qui tient à nos espérances et désirs qu'à toute autre

[10] *Ibid*. p. 173.

chose. À vrai-dire, il s'agit plutôt d'une certaine tournure des événements que l'on souhaite voir se réaliser ou que l'on souhaite ne pas voir se réaliser. C'est exactement de cela qu'il est question. Une fois de plus, cette conception ou perception du temps appartient à la gamme de nos élucubrations sur une donnée qui échappe complètement à notre volonté et notre pouvoir. Mais puisqu'elles provoquent en nous l'illusion de l'assurance voire de la certitude, elles ont une véritable vertu thérapeutique. C'est pourquoi nous sommes amenés à croire à notre propre mensonge par incantations magiques comme pour conjurer effectivement un redoutable et funeste sort.

4 CATÉGORIES ET STRUCTURES DU TEMPS AU REGARD DE L'HISTOIRE

A priori, tous les types et catégories du temps sont l'objet de l'Histoire et sont donc d'un intérêt certain pour l'historien.

4.1 TEMPS-DURÉE OU TEMPS-LONGUEUR

La durée est une sorte de quantification du temps. Elle exprime les âges du temps. Le temps-durée est aussi l'équivalent du temps-longueur. Au sens bergsonien, il peut être une dimension très subjective du temps. Le temps nous paraît plus ou moins long et ennuyeux d'autant plus qu'il est meublé par un contenu ennuyeux. Au-delà de la précision et de la fiabilité des outils sophistiqués de mesure du temps, notre perception du temps reste par trop marquée par nos états d'âmes. La signification fondamentale de ce temps est dans l'ordre de grandeur ou du rapport comparatif. Le genre de conversation que l'on entend dans les campus universitaires ou sur d'autres espaces de travail et de vie est édifiant à ce propos : « J'ai une longue expérience professionnelle. Sept ans ce n'est pas sept jours ! ». Ici, la longue durée est magnifiée. En d'autres circonstances, c'est plutôt la courte durée que l'on met en avant. L'histoire est truffée de ces considérations du temps-durée où la courte durée est mise en relief. Lorsqu'on dit : « La Guerre de Six jours a été une campagne militaire éclair », il y a une emphase sur la durée courte de la guerre car c'est inhabituel. On s'attendrait à une longue guerre comme la Guerre de cent ans (!) et j'en passe.

4.2 TEMPS-PÉRIODE

La période peut être définie comme étant une unité du temps historique. Ici, l'enjeu n'est ni dans la durée, ni dans le la longueur mais dans la localisation de cette tranche de temps dans une chronologie généralement admise. Il se situe entre deux bornes, la borne inférieure et la borne supérieure. La borne inférieure renvoie à la date ou à quelque repère d'ordre chronologique qui marque le début de la période et la borne supérieure à celle qui la clôt. Le temps-période met l'accent sur l'unité du temps - en Géomorphologie, l'on parlerait par exemple de l'unité topographique - ; cette unité n'est pas à entendre comme unité de mesure du temps bien que l'unité du temps se conçoit à l'aide d'une unité de mesure. Il s'agit d'un continuum de temps ainsi isolé selon des considérations plus ou moins subjectives. A l'intérieur de temps-période, l'on peut construire d'autres catégories de temps. Sa valeur quantitative est la durée et sa valeur historique le contexte et l'histoire (faits, événements, phénomènes…) dont elle est chargée.

Le temps-période s'inscrit ainsi dans une certaine mesure dans la logique de ce qu'il convient d'appeler temps-chronologie mais il s'agit ici d'une chronologie partitionnée, autonome, qui intègre également la notion de durée. Le temps-période est donc à mi-chemin entre temps-durée et temps-chronologie.

4.3 TEMPS-CHRONOLOGIE

L'historien semble totalement perdu quand, faute d'*evidences ou preuves* irréfutables*,* de sources pertinentes, il est réduit à se livrer à des pérégrinations sans repères fiables dans la tranche du temps qu'il a choisie d'étudier. Le temps-chronologie lorsqu'il est cerné, permet à l'historien de voyager dans le temps avec une certaine aisance, en toute connaissance des caps à franchir ou à atteindre, avec des points de départs et des points d'arrivée. Il a besoin de ce chemin bien balisé faute de quoi il lui est difficile d'établir avec exactitude l'antériorité absolue ou relative d'un fait par rapport à un autre ou d'un événement par rapport à un autre. La chronologie l'aide en effet à mettre en exergue le mouvement ; autrement dit, le cours et la trame des événements. Or, il doit pouvoir se situer par rapport au passé, au le présent et à l'avenir. Il y a un vif débat épistémologique par rapport à l'histoire ou relatif au rapport de l'historien avec le temps (voir considération sur l'Histoire de la longue durée,

l'Histoire du Temps présent, l'Histoire prospective et j'en oublie). En fin de compte, le temps-chronologie est compatible avec la perception de linéarité du temps, « compagnon des récits historiques » [11], sans se réduire à cela.

4.4 TEMPS-ESPACE OU TEMPS-DISTANCE

Il y a un parallèle facile à faire entre le temps et l'espace au point que la représentation mathématique, notamment par la géométrie, est symbolisée par l'espace. Certaines montres et chronomètres qui sont des outils de mesure du temps symbolisent et évaluent encore le temps au travers de l'espace géométrique parcouru ou à parcourir par leur aiguille. Malgré l'inondation du marché par les nouveaux *designs* qu'offrent les TIC aujourd'hui à ces instruments de mesure de temps et qui ont amené leurs consommateurs ne plus privilégient forcément le temps-espace, il apparait qu'archaïquement le temps-espace est le plus ancré dans la mémoire et l'esprit des gens. Il est courant, même dans le langage savant, de capter intuitivement cette perception du temps. C'est ainsi que sur la 4e de couverture de l'ouvrage sur les identités, l'on peut lire : « En l'espace de quelques décennies, l'identité s'est imposée comme une notion majeure pour les sciences humaines mais également comme un enjeu de société crucial » [12].

Cette réalité n'est pas sans intérêt pour l'historien. Je m'en voudrais de ne pas dire qu'il s'agit d'un enjeu énorme pour l'historien. En effet, le temps-espace sensibilise constamment l'historien sur la nécessité ou non d'avoir à tenir compte du recul du temps lorsqu'il aborde une question d'histoire. Il lui suggère pour ainsi dire d'être vigilant et prudent vis-à-vis de la proximité, voire à la promiscuité du temps qui nuirait à son esprit d'objectivité dans l'écriture de l'histoire. Plus les faits que traite l'historien son proches, plus celui-ci court le risque de se laisser broyer par les intérêts des acteurs encore en vie, souvent puissants et capables de contrarier le chercheur et c'est moins que l'on puisse dire.

4.5 TEMPS-MOUVEMENT

Le temps est sans doute l'incarnation du mouvement, de toute évolution. Quelle que soit l'unité de temps ou l'unité de mesure du temps considérée. Le temps a été considéré dans certains débats philosophiques comme le symbole de l'immobilité et l'espace celui du mouvement. En guise d'illustration, Héraclite (vers 476- vers 480 av. J.-C.) est foncièrement opposé à Parménide (vers 540 – vers 450 av. J.-C.) sur la question du mouvement de l'immobilité. Héraclite dit que « l'on ne se baigne pas deux fois dans le même fleuve » ; « le temps est un royaume dirigé par un enfant qui joue aux osselets ».[13] Parménide quant à lui pense que rien ne change, que l'apparent changement que nous observons n'est que l'illusion des sens [14].

5 LE TEMPS, DIEU, LA SOCIÉTÉ, LE GROUPE ET L'INDIVIDU

Ici se jouent ici à la fois les questions d'angoisses existentialistes et de socialisation. L'on vient surgir l'inévitable temps que l'on n'hésite pas à l'assimiler à Dieu ou à la divinité. Tout est si imbriqué que la désarticulation adoptée ne tient qu'aux logiques d'analyse. Temps et Dieu finissent par se confondre à plusieurs égards.

5.1 DIEU, LA DIVINITÉ ET LE CONCEPT DU TEMPS

La religion est apparue comme la réponse à tous les mystères. Les récits plus que mythiques de la cosmogénèse chez de nombreux peuples l'attestent comme le dit si bien Sethephen Hawking.

Pour nombre de cosmologies anciennes et selon la tradition juive, chrétienne et musulmane, l'Univers est né à un instant donné, dans un passé pas très éloigné. En faveur d'une telle naissance, il y a le sentiment qu'il est nécessaire d'avoir une « Cause Première » pour expliquer son existence. (Stephen Hawking, 1989 : 16).

Le pouvoir temporel et le pouvoir atemporel. Ce n'est pas une banale image. En effet, le temps du politique est l'expression de la discontinuité, de la finitude et de l'imperfection. Celui de Dieu symbolise en revanche le temps pur sans considérations

[11] Expression empruntée à M. Riot-Sarcey, « Temps et histoire en débat. », Revue d'histoire du XIXe siècle [En ligne], 25 | 2002, mis en ligne le 25 mai 2005, consulté le 25 juin 2015, in http://rh19.revues.org/ 414 ; DOI : 10.4000/rh19.414

[12] C. Halpen et J.-C. Ruano-Borbalan (coordonné par), Identité(s) *: L'individu, le groupe, la société, Auxerre*, Sciences Humaines Éditions, 2004 ; 391 p.

[13] Durozoi et Roussel, *Dictionnaire de Philosophie*, p. 180.

[14] R. Alemkeng, *Beginning of Philosophy for Cameroonian Schools*, 2003, p. 90.

subjectives, l'éternité et la perfection. La finitude du temps du politique est justement le reflet des imperfections de l'humain, en d'autres termes, de l'humaine condition, tandis que l'éternité divine est l'expression de la perfection. C'est le temps divin qui survivra au temps du politique. Le temps achève dans sa transcendance et sa totalité à se confondre à Dieu lui-même. D'un point de vue métaphysique, c'est plus parlant, me semble-t-il, que le trivial 'Time is money', entendu comme 'le temps c'est de l'argent ».

5.2 LE TEMPS ET LA SOCIÉTÉ

Il y a du point de vue anthropologique, un temps mythique et temps concret ou vécu. L'un et l'autre constituent le temps social. C'est visiblement une conception de temps qui évacue la dimension spéculative conçue au seul nom de la Raison. La dimension mythique rentre dans les croyances magico-religieuses qui se situent aux confins d'un dogmatisme assumé. Quant à la dimension concrète au sens de la phénoménologie de …, le temps c'est une donnée objective de notre existence au quotidien. La socialisation planifiée ou induite par des logiques sociales et qui échappent aux volontés comme l'un des principaux alliés le temps. C'est-à-dire que le temps social est proprement un temps historique, celui qui agit, qui transforme les consciences ou l'Homme et le monde. Ici, le temps-durée entre en jeu en créant la condition de la construction sociale et de son identité. Il demeure néanmoins relativement flexible et offre ainsi comme une matrice des possibilités de contextualisation et d'adaptation aux croyances et aux valeurs admises par la société. C'est loin d'être le cas en ce qui concerne le groupe dont l'essence est d'opérer plus de resserrement entre l'individu et la société.

5.3 LE TEMPS ET LE GROUPE

Le groupe est le cadre social qui offre moins de *stress* à condition que l'individu cesse d'être une conscience libre, autonome et indépendante pour se fondre dans la conscience du groupe avec laquelle il fait corps en devenant au double sens anatomique et physiologique un simple reflet du corps social. À cette condition seulement, il trouve l'apaisement qui le soustrait provisoirement et temporairement de la tyrannie du temps. Lorsque l'individu en vient ainsi à perdre son individualité et son identité, il se libère en quelque sorte de l'implacable emprise du temps à défaut d'abolir lui-même. Il accepte la mort de son individualité et pour acquérir la vie sociale qui lui offre *a priori* sécurité et paix. Cependant, l'individu étant par une « vilaine » nature une conscience, un moi qui s'oppose à autrui au sens sartrien de l'existentialisme, il ne peut envisager durablement et en permanence son être et son existence comme une marginalité aux côtés de celui du groupe. L'individualité opprimée et oppressée par le groupe entre à la moindre faille du groupe et plus généralement de la société en rébellion armée, parce que dans l'arène de la vie face au temps, l'autre est perçu comme ennemi et traité comme tel. Il n'est donc pas pertinent de concevoir et de représenter le temps aux seuls prismes de la société entière ou du groupe social qui en est son tour une composante agissante plus ou moins autonome.

5.4 LE TEMPS ET L'INDIVIDU

Le temps est pour l'individu d'un poids oppressant. Parlant du style de vie intrusif qui s'est imposé à nous par la force des choses, Njoh Mouelle dira : « Dans le style de la vie moderne harcelant. Au lieu d'être produit par notre activité, il semble exister indépendamment de notre activité. En effet, le caractère harcelant de ce temps provient du fait que l'homme n'a plus de loisir, dans le système de production de l'économie moderne de décider des tâches à accomplir ni par conséquent du temps de leur accomplissement. » [15]

Il est pour ainsi dire la résonance de toutes les angoisses du temps et de ce fait, la proie obsessionnelle de la montre et de la vitesse inhérente à cette tyrannie. La vie se trouve ainsi réduite à une inquiète gestion du chronomètre. Il engage une lutte dérisoire contre le temps mais qui se révèle, pour peu qu'on y réfléchisse, perdue d'avance puisque le temps est justement cette catégorie indomptable que le poète français Alphonse Lamartine (1790-1869) exprimait dans la 6e strophe de *Le lac* :

" Ô temps ! suspends ton vol, et vous, heures propices !

Suspendez votre cours :

Laissez-nous savourer les rapides délices

[15] Texte cité en morceau choisis, in J. P. Nguemeta. *Pratique du commentaire de texte philosophique : maîtriser et réussir l'épreuve de philosophie au baccalauréat et à l'Université*, coll. « J'apprends vite et bien », cours polycopié, p. 66.

Des plus beaux de nos jours ! [16]

Voilà les mots du poète qui confessent son impuissance qui se rêve à la magie du verbe pour faire du miracle. L'historien quant à lui a besoin d'autres armes que la magie du poète ou le charme de la poésie pour tenter de contenir la tyrannie du temps.

6 LES USAGES DU TEMPS DANS L'ENSEIGNEMENT, LA RECHERCHE ET L'ÉCRITURE HISTORIENNES ET LEURS IMPLICATIONS MÉTHODOLOGIQUES

L'usage que l'historien peut faire du temps s'avère essentiellement pluriel. Les plus évidents sont relatifs à l'enseignement, à la recherche et à l'écriture de l'histoire. Bien que les écoles et les traditions historiques soient nombreuses, il existe chez les historiens des pratiques communes en rapport avec le temps.

6.1 LES USAGES DU TEMPS DANS L'ENSEIGNEMENT DE L'HISTOIRE

Les conceptions et les significations du temps selon les contextes géographiques et les périodes de l'histoire commandent l'organisation des options en Histoire et plus généralement des enseignements de l'histoire. « La division de l'histoire en période forme la quintessence de toute la conception de l'Histoire » [17]. Deux approches sont fréquemment utilisées. Tantôt, la dimension chronologique est privilégiée (Histoire Ancienne, Histoire Médiévale, Histoire des Temps Modernes, Histoire Contemporaine et désormais l'Histoire du temps Présent), tantôt c'est la dimension thématique (Histoire des Economique et Sociale, Histoire des Civilisations, Histoires des Relations Internationale entre autres. Ces divisions ont une incidence sur la pratique pédagogique.

6.1.1 CONSIDÉRATIONS PÉDAGOGIQUES

L'enseignement de l'Histoire ne pose pas seulement le problème des contenus des programmes. Les questions de temporalité se posent avec acuité. Celles-ci sont le plus souvent associée à la géographie dans la mesure où il ne s'agit pas du temps pur, le temps en soit mais plutôt du temps vécu au contenu localisable, distribuable sur l'espace ou sur des espaces auxquels correspondent des hommes et des peuples faiseurs d'histoire ou subissant l'histoire. L'orientation temporelle se fait en fonction de l'importance ou de l'intérêt que les concepteurs des programmes accordent aux époques donc aux réalités événementielles ou durables des hommes et des peuples considérés.

Une fois la temporalité et la chronologie choisies, la préoccupe méthodologique est de savoir s'il faut commencer pas l'antiquité, c'est-à-dire par l'ancienneté ou par le présent. D'un point de vue pédagogique, la question apparaît d'une banalité déconcertante mais à s'y pencher de près, elle est loin d'être bête. Si nous partons de l'idée que le passé nous échappe et que l'élève ou l'étudiant ou encore l'apprenant est presque totalement étranger au passé, d'autant plus qu'il est lointain, alors, pourquoi ne pas partir d'un présent, vers le passé, c'est-à- dire en d'autres terme, du connu au moins connu ou à l'inconnu. C'est une démarche presque spontanée, cette fois-là, dans l'animation didactique, d'illustrer l'explication ou le récit historiques par des exemples tirés de la temporalité immédiate, c'est-à-dire de proximité de l'apprenant.

Il s'agit en quelque sorte non seulement d'un choix de temporalité en tant que telle mais également de chronologie.

6.1.2 DE LA DIDACTIQUE ET DE L'ÉVALUATION EN HISTOIRE

Le choix du temps de l'exposé, du discours ou du récit. Le temps verbal correspond à une logique de temporalité prise dans ses diverses facettes. Faut-il aussi, pour illustrer la leçon, commencer par l'antiquité ou antériorité chronologique ou faut-il partir du présent pour tenter de saisir plus aisément le passé. Les mêmes préoccupations qui se posent au chercheur se posent à au concepteur des programmes d'enseignements et aux enseignants. Quelle est la place des dates dans l'exposé, dans les textes illustratifs et plus loin dans les textes devant faire l'objet de l'analyse ou de l'évaluation de l'apprenant. Les dates, ce

[16] A. Lamartine, 1790-1869, *Le lac*,
[En ligne] disponible : https://poesie.webnet.fr/lesgrandsclassiques/poemes/alphonse_de_lamartine/le_lac (13 juillet 2018)
[17] J. –H.-J. Van Der Pot, *L'Homme et l'Histoire*, p. 47 cité par É. Callot, *Ambiguïtés et antinomies de l'Histoire et de sa philosophie*, Paris, Éditions Marcel Rivière et Cie, 1962, p. 103

qu'il y a apparemment de fondamental dans la construction et l'exposé du récit et du discours historique. En réalité, c'est le contenu qui donne un sens à la date.

6.2 LES TEMPS ET LA RECHERCHE HISTORIENNE

Le temps comme « compagnon des récits historiques » [18] évoqué plus haut ne signifie pas que le rapport de l'historien au temps n'est pas sans ambiguïté. C'est le moins que l'on puisse dire. Il peut servir les desseins de l'historien tout comme il peut s'avérer proprement antimonique au regard des préoccupations de l'historien. « Temps et histoire ne marchent pas, comme on le sait, d'un même pas. Le passé se déploie dans le temps et le temps passe en effaçant la part majeure du passé » [19]. La jolie formule dit tout de ce que la temporalité peut causer comme souci dans l'entreprise de la recherche historienne.

6.2.1 CONSTRUCTION DE L'OBJET DE RECHERCHE

L'historien qui entreprend une recherche songe spontanément à la réalité historique de son objet de recherche. Il ne s'agit pas d'une véritable question mais d'une démarche spontanée qui s'inscrit dans l'approche diachronique dans laquelle l'historien est forgé dès son initiation à cette discipline. Sans s'en rendre forcement compte, il est mentalement structuré *a priori* à considérer que son objet porte effectivement sur le passé des hommes, le passé d'un groupe d'hommes à une époque donnée sur l'échelle du temps. Pourtant, il n'y pas d'évidence en soi. Le chercheur historien qui aborde un sujet part en réalité des référents bien enfouis dans son subconscient ou tout au moins dans les profondeurs de sa conscience, produit de son propre histoire. Dans cette perspective, l'on peut dire que la temporalité fonde l'historicité mais étant donné que l'historicité est inséparable des acteurs et comédiens de l'Histoire et donc des hommes et des peuples, elle ne prend tout son sens que dans la mesure où ceux-ci se soient consciemment projetés dans le futur.

6.2.2 L'ANALYSE CRITIQUE DES SOURCES ET DU CONTENU DES SOURCES

Au-delà de la circonscription de l'objet de recherche dans le temps chronologique, il apparaît que la temporalité soit une condition indispensable à l'historicité. Cette perspective n'est pas sans intérêt pour le chercheur qui prend à son tour pleinement conscience des motivations des acteurs de l'histoire, du sens qu'ils donnaient aux choses et plus généralement à la vie. Cette dimension de l'historicité édifie l'historien et lui permet de concevoir efficacement le modèle critique le plus adapté à son objet d'étude spécifique ou particulier. Mais son premier réflexe est de se tourner vers diverses sources ou documentations. De la typologie des sources, il opérera en fonction d'une critériologie spécifique à sa spécialité ou spécialisation et surtout par rapport à la problématique qu'il aborde des choix. Il fera un aller et venir sur l'échelle du temps autant de fois que nécessaire.

6.2.3 ÉCRITURE DE L'HISTOIRE

Écrire l'histoire suppose qu'elle ait existé et peut-on concevoir un peuple qui n'est pas eu conscience de vivre un temps et surtout son temps ? Peut-on imaginer un peuple qui ne se soit préoccupé non seulement de le vivre mais aussi de survivre à son temps si ce n'est au temps ? De toute évidence, cela est inconcevable. Nier la conscience du temps à un peuple, c'est nier son historicité. Par contre, les pratiques ou usages y relatifs, l'intensité et l'amplitude que tel peuple ou tel autre accorde dans le vécu peut être très variable, de l'ordre du quotidien à l'éternité. Les Égyptiens Antique ont donné la preuve d'avoir vécu le temps aussi bien dans l'intensité (la volonté de satisfaire farouchement les besoins de l'existence) que dans l'amplitude (la soif de l'éternité). On peut penser que des contingences écologiques et les vicissitudes de l'histoire l'ont permis. Parallèlement, il est permis de s'imaginer que dans certaines contrées, l'abondance des ressources vitales et la douceur du milieu écologique aient conduit à façonner d'autres modèles de civilisation.

7 CONCLUSION

Le temps peut donc se confondre dans le langage imagé et dans ses représentations esthétiques à l'espace. C'est précisément le temps-durée qui est associé dans certaines perceptions à l'espace. Le temps *en soi* est une continuité et une

[18] Expression empruntée à M. Riot-Sarcey, « Temps et histoire en débat. », *Revue d'histoire du XIXe siècl*e [En ligne], 25 | 2002, mis en ligne le 25 mai 2005, in http://rh19.revues.org/ 414 ; DOI : 10.4000/rh19.414 (consulté le 25.06.2015), p. 2.
[19] *Ibid*.

nécessité au sens philosophique du terme. Il ne peut ne pas être. Il se conçoit tout aussi comme une linéarité ou mouvement que comme une donnée figée. C'est bien le cas du temps-abstrait. Le temps *pour soi* en revanche est bien souvent une discontinuité, une succession de tranches de temps, une périodicité ou une mosaïque de périodicités à tel point que l'on est en droit de se demander si deux personnes peuvent parler du même temps. La théorie de la relativité d'Einstein s'impose aisément à l'entendement dans le cas d'espèce. Le rapport au temps apparaît dès lors comme un tissu complexe de physionomies et de significations. Sa conception et sa signification changent de perspective selon que l'on a affaire à l'individu ou au groupe. J'ose dire à titre illustratif qu'il existe un temps social et un temps individuel. C'est explorer les conditions de réalisation des destins individuels dans les destins collectifs. Or, qui parle de destin collectif parle d'historicité donc de temps-chronologie ou le passé, le présent et le futur ne peuvent se concevoir séparément. L'historien qui est lui-même le reflet de son temps devrait s'efforcer d'en tenir compte aussi bien dans la recherche, l'écriture ou l'enseignement de l'histoire.

RÉFÉRENCES

[1] Bah, Thierno Moctar. *Historiographie africaine : Afrique de l'Ouest et Afrique Centrale*, CODESRIA, 2015 [ISBN : 2869785992, 782869785991],« Introduction », http://www.codesria.org/spip.php?article2286&lang=en

[2] Durozoi, Gérard et Roussel, André. *Dictionnaire de Philosophie*, Paris, Nathan, 2007, p. 259.

[3] Moran, Dermot. *Introduction to phenomenology*, Rutledge; Taylor & Francis Group, 2000 for hard copy first edition; edition published in the Taylor & Francis e-Library, 2002. London and New York http://www2.arnes.si/~jlozar2/6%20FENOMENOLOGIJA%20D%20BOLONJSKI%20PROGRAM/MORAN.pdf (17.05.2015)

[4] Hawking, Stephen. *Une brève histoire du temps : du Big Bang aux trous noirs* http://ekladata.com/sUfUytN9__Eb47ukDzQTivdf-ps/Stephen-Hawking-Breve-histoire-du-temps.pdf

[5] Enoch Stumpf, Samuel et Fisher, James. Philosophy :*History and Problems*, 6th ed., New York, McGraw Higher Education, 2003.

[6] Omregbe, Joseph I. *Methaphysics Without Tears: A Systematic and Historical Study*, Lagos, Joja Educational research and Publishers Limited, 1996.

[7] Riot-Sarcey, Michèle. « Temps et histoire en débat. », Revue d'histoire du XIXe siècle [En ligne], 25 | 2002, mis en ligne le 25 mai 2005, consulté le 25 juin 2015, in http://rh19.revues.org/ 414 ; DOI : 10.4000/rh19.414

[8] Alemkeng, Richard. *Beginning of Philosophy for Cameroonian Schools*, Balmayo, Atemkeng and Daughters, 2003.

[9] Nguemeta. Jean Philippe. *Pratique du commentaire de texte philosophique : maîtriser et réussir l'épreuve de philosophie au baccalauréat et à l'Université*, Coll. « J'apprends vite et bien », By the author, Mbengwi, 2003.

[10] Alphonse Lamartine, 1790-1869, *Le lac* [En ligne] disponible : https://poesie.webnet.fr/lesgrandsclassiques/poemes/alphonse_de_lamartine/le_lac (13 juillet 2018)

[11] Émile Callot, *Ambiguïtés et antinomies de l'Histoire et de sa philosophie*, Paris, Éditions Marcel Rivière et Cie, 1962.

[12] Halpen, Catherine et Ruano-Borbalan, Jean-Claude (coordonné par). *Identité(s) : L'individu, le groupe, la société,* Auxerre, Sciences Humaines Éditions, 2004.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1886-1891
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Valeur nutritionnelle des chenilles comestibles de la ville de Lubumbashi (Province du Haut-Katanga R.D.C.)

[Nutritional value of the edible caterpillars of the city of Lubumbashi (Province of Haut-Katanga D.R.C.)]

M.R. Kanga-Kanga[1], N.D. Mulungu-Lungu[1], G. Nsenga Mpanda[1], H. Malonga L'kisaten[2], F. Musala Kiyula[3], C. Kalaka Mayur[1], D. Badibanga Kasumpa[1], D. Ntumba Tshovu[1], J. Kahozi Sumba[1], and N. Khang Mate Mpie[4]

[1]Centre de Recherche Agroalimentaire, CRAA, Lubumbashi, RD Congo

[2]Institut Supérieur des Techniques Appliquées, ISTA, Lubumbashi, RD Congo

[3]Institut Supérieur Technique Catholique de Kikwit, RD Congo

[4]Faculté de Médecine Humaine, UNILU, RD Congo

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

ABSTRACT: The purpose of this work lies within the scope of the valorization of the traditional foods of the Democratic Republic of Congo in general and the province of Haut Katanga in particular and aims at the evaluation of the food value of the edible caterpillars of Lubumbashi city and its surroundings and the popularization relative data for their rational and equitable consumption.

The determination of moisture, proteins, lipids, sugars, ashes, minerals and the energy value was carried out according to usual techniques. Four species of caterpillars have been analysed. These were black binkubala (*Imbrasia oyemensis*), yellow binkubala (*Imbrasia truncata*), masamba (*Cirina forda*), and tunkubio (*Notodontidae sp1*) of which the major nutrients contents varied: moisture 4,90 %, proteins 50,09 to 53,81 %, lipids 19,80 to 21,5 %, glucids 7-8 %, ashes 4,5-5,5% and energy 410,16-457,14 Kcal.

Thus from their food value, edible caterpillars of Lubumbashi are more rich in proteins and lipids than soyas, groundnuts and meat. And they can easily combat proteinic and calorific malnutrition.

KEYWORDS: Caterpillars, nutrients, foods, food value.

RÉSUMÉ: Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des aliments traditionnels de la République Démocratique du Congo en général et de la province du Haut Katanga en particulier et a pour but l'évaluation de la valeur nutritive des chenilles comestibles de la ville de Lubumbashi et ses environs et la vulgarisation des données relatives en vue de leur consommation rationnelle et équitable. La détermination de l'humidité, des protéines, des lipides, des glucides, des cendres et minéraux et de la valeur énergétique a été effectuée selon les techniques usuelles. Quatre espèces des chenilles comestibles ont été analysées dont bikubala noirs (*Imbrasia oyemensis*), bikubala jaune (*Imbrasia truncata*), masamba (*Cirina forda*) et tunkubio (*Notodontidae sp1*) dont les teneurs en nutriments majeurs varient : Humidité 4,90 % , protéines de 50,09 % à 53,81 % , lipides 19,80 à 21,5%, glucides 7-8 %, cendres 4,5-5,5% et énergie de 410,16-457,14 Kcal.

Ainsi par la valeur nutritive, les chenilles comestibles de Lubumbashi sont plus riches en protéines et lipides que le soja, l'arachide et la viande et peuvent faciliter la lutte contre la malnutrition protéino calorique.

MOTS-CLEFS: chenilles, nutriments, aliments, valeur nutritive.

Corresponding Author: M.R. Kanga-Kanga

1 INTRODUCTION

Comme dans d'autres pays d'Afrique subsaharienne, les problèmes nutritionnels et de santé inhérents à l'insécurité alimentaire à Lubumbashi se posent avec acuité.

De nombreuses suggestions préconisent la consommation de certains aliments de récolte dont les chenilles. En effet, les chenilles sont susceptibles d'offrir à l'homme les nutriments (acides aminés, acides gras, vitamines, sels minéraux, glucides) nécessaires à sa santé et à son équilibre nutritionnel (1).

Au Katanga en général, la consommation de chenilles revêt depuis très longtemps une grande importance saisonnière comme l'atteste de nombreux travaux (2, 3, 4, 5, 6, 7,8). Parmi des nombreuses espèces de chenilles répertoriées et consommées à Lubumbashi et ses environs, les espèces Masamba, Tunkubio, Binkubala sont les plus importantes et quantitativement les plus vendues en RDC, les études concernant les chenilles sont menées de façon fragmentaire d'une province à l'autre, d'un groupe des chenilles à l'autre et exploitent les aspects nutritionnels, physicochimiques, ethnobotaniques et floristiques. Toutefois Malaisse a inventorié 26 espèces de chenilles comestibles (24), Les principales études répertoriées sont reprises ci-dessous :

- Intérêt nutritionnel des chenilles du Zaïre, composition et valeur nutritionnelle (5) ;
- Contribution de l'exploitation des chenilles et autres larves comestibles dans la lutte contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté en RDC (7) ;
- Valorisation de la chenille comestible *Bunacopsis aurantiaca* dans la gestion communautaire des forêts du Sud Kivu (RDC) (8) ;
- Valeurs nutritionnelles des chenilles comestibles de la ville de Kisangani et ses environs, province de la Tshopo, RDC (11) ;
- Malaisse F., Parent G., 1980, Les chenilles comestibles du Shaba méridional (Zaïre), Nat. Belg. Vol 61 pp 2 – 24. (24).

Malgré la disponibilité des résultats de ces recherches, la consommation rationnelle et efficiente des chenilles à Lubumbashi et ses environs n'est pas généralisée et des problèmes sanitaires liés à l'état nutritionnel demeurent. Par ailleurs, tous les ouvrages de chimie alimentaire, de nutrition et diététique (14,15 ,16,17,18,19) utilisés par le personnel soignant et/ou le consommateur et particulièrement l'ouvrage intitulé « santé par les aliments » dans lequel l'auteur publie les données sur la valeur nutritive, préventive, curative et culinaire des aliments ne renseignent rien de la chenille (19). C'est dans ce but que nous voulons disponibiliser à travers cette étude les données sur la composition en macro et micronutriments des chenilles comestibles de la ville de Lubumbashi en vue de leur consommation de façon compatible et équilibrée en fonction des exigences nutro-sanitaire de l'individu.

2 MILIEU, MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

La recherche a été menée dans la ville de Lubumbashi, province du Haut-Katanga en République Démocratique du Congo. Les échantillons ont été analysés au laboratoire science des aliments du centre de recherche agroalimentaire (CRAA).

2.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Quatre espèces de chenilles comestibles ont été achetées dans deux marchés cibles (Marché M'Zee LDK, Marché Njanja) de la ville de Lubumbashi. Il s'agit des espèces sechées de Binkubala noires (*Imbrasia oyemensis*), Binkubala jaunes (*Imbrasia truncata*), Tunkubio (*Notodontidae sp.1*) et Masamba (*Cirina forda*) . Elles sont représentées sur la figure 1 ci-dessous.

Imbrasia truncata

Notodontidae sp1

Imbrasia oyemensis

Cirina forda

Fig. 1. Chenilles comestibles rencontrées sur le marché de Lubumbashi

2.3 MÉTHODES

2.3.1 ECHANTILLONNAGE

Sur un total de 50 vendeuses, nous avons sélectionné aléatoirement 10 par espèce pour raison de représentativité. Les échantillons ont été emballés dans des sachets en polyéthylène et acheminés au laboratoire.

Ils ont ensuite été triés et débarrassés de toute sorte de déchets puis broyés à l'aide d'un mortier en porcelaine et tamisées à l'aide d'une passoire-tamis de 150 micromètres de maille afin d'obtenir des poudres fines qui ont été conservées dans des bocaux en verre propres et secs.

2.3.2 DÉTERMINATION DE LA COMPOSITION DES CHENILLES EN MACRONUTRIMENTS.

La détermination de l'humidité a été faite par séchage des échantillons à l'étuve à 105°C jusqu' au poids constant (20). Les cendres totales ont été déterminées par calcination à 550°C durant 8 heures dans un four à moufle (méthode 9.23. 03 ; AOAC, 1990) (1).

La détermination des protéines brutes a été faite en dosant l'azote total selon la méthode Kjeldhal (21) et les calculs pour la conversion de l'azote en protéines par la formule suivante : % PB= % N x 6,25 où % PB = teneur en protéines brutes, % N = teneur en azote total de l'échantillon et 6, 25 = facteur de conversion de l'azote en protéines.

Les lipides ont été extraits à l'aide du Soxhlet selon la méthode de Weiball comme rapporté par Bukatuka et al. (22).

La détermination des glucides totaux a été faite selon Dubois et al. (23) et calculée par la relation suivante :

Q .I = D O x 160/0,0072 x 1000 où Q.I = quantité des sucres dans l'échantillon en g/100g et D O est la densité optique de la solution de l'échantillon évaluée à 390 nm.

La valeur énergétique de 100g de matière brute d'échantillon de chenilles séchées a été déterminée en multipliant chacun de macronutriments dosés à savoir protéines, lipides et glucides par les facteurs de conversion suivants : protéines 4kcal/g, lipides 9kcal/g et glucides 4kcal/g (15).

Pour quantifier les éléments minéraux, les échantillons ont été minéralisés à reflux par l'eau régale (HNO_3/ HCl : 1/3) et dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique Perkin Elmer. AA S 800 (21).

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 TENEURS EN MACRONUTRIMENTS

Le tableau 1 représente la composition moyenne des échantillons de chenilles de Masamba, Tunkubio, bikubala noir et Bikubala jaune.

Tableau 1. Composition moyenne des échantillons de chenilles comestibles de Lubumbashi

Composition des chenilles	Humidité (%)	Protéines (%)	Lipides (%)	Glucides (%)	Cendres (%)	Energie (Kcal)
Bikubala noirs *Imbrasia oyemensis*	4,92	52,24	21,00	7,0	5,5	425,96
Bikubala jaunes *Imbrasia truncata*	4,90	53,16	21,50	8,0	5,5	457,14
Masamba *Cirina forda*	4,91	50,09	20,20	7,0	4,5	410,16
Tunkubio *Notodontidae sp* 1	4,90	53,81	19,80	8,0	5,0	425,44

Des 26 espèces de chenilles comestibles répertoriés au Katanga méridionale par Malaisse(24), quatre ont constitués la préoccupation de notre étude.

En concordance avec les prédécesseurs Malaisse et Parents, Lathan, Monzambe, Moussa, Balinga et N'gasse cités par E. Okangola et al. (9), il convient de souligner la place des chenilles dans l'alimentation des populations de l'Afrique centrale car ils sont très riches en protéines et lipides.

Les chenilles dont la teneur en protéines est supérieure à 50% sont plus riches que beaucoup d'autres aliments reconnus comme source protéique (11). Ces résultats contredisent Pamplona G. (19) et Charles Gerber (15) qui stipulent respectivement que :

- « le soja est l'aliment le plus riche en protéine de tous ceux que la nature nous offre car il contient 36,5% et la viande et les œufs sont loin derrière avec 20% et 12,5% respectivement » ;
- « La cacahouète constitue un aliment très nutritif dont la concentration en substances nutritives (26% de son poids) dépassent celle de tout autre aliment d'origine animale y compris la viande. ». Il convient aussi de rappeler que les protéines

d'origine animale dont celles des chenilles ont des albumines de valeur biologique supérieure à ceux d'origine végétale (soja, cacahouète) et renferment les acides aminés indispensables dont l'organisme humain ne fait pas la synthèse. Les chenilles pourraient être préférées à la viande dans la mesure où les noyaux cellulaires de la viande contiennent des purines qui sont des grands fournisseurs d'acide urique(15).

La teneur en lipides des chenilles comestibles étudiées oscille autour de 20% faisant d'elles une bonne source de lipides. Ces valeurs corroborent avec celles trouvées par E. Okangola 21,76 % pour *Imbrasia truncata.* 19,06% pour *Imbrasia oyemensis;* 19,19% pour *Cirina forda.(11) Les chenilles contiennent ainsi plus de lipides que certains aliments carnés courants comme* la viande de bœuf frais semi gras qui en contient 17,7%(11)) et se situent dans la fourchette de la valeur conseillée par EFSA (2015) comprise entre 20 et 35% (9).

3.2 TENEURS EN MINÉRAUX

Le tableau 2 indique les teneurs en éléments minéraux des chenilles étudiées.

Tableau 2. Teneurs en éléments minéraux des chenilles

Espèce	Teneurs en mg/100g de matières sèches												
	Cobalt	Cuivre	Fer	Manganèse	Calcium	Zinc	Sodium	Aluminium	Nickel	Plomb	Cadmium	Chrome	Magnésium
Bikubala noirs *Imbrasia oyemensis*	0,000	8,21	59,51	143,42	634,38	9,15	217,60	23,32	0,00	7,99	0,94	0,00	225,80
Bikubala jaunes *Imbrasia truncata*	0,00	2,10	63,15	39,26	986,53	8,90	184,90	22,20	2,34	8,61	1,17	0,00	96,65
Masamba *Cirina forda*	0,00	8,10	59,50	142,40	633,34	9,04	217,38	23,10	0,00	7,89	0,92	0,00	63,43
Tunkubio *Notodontidae sp* 1	0,00	10,60	52,60	51,81	524,74	36,12	361,27	52,74	7,71	7,71	0,8	0,00	52,50

Les Binkubala noirs et jaunes, les Tunkubio et les Masamba ne contiennent pas de cobalt et de chrome. Le nickel est également absent dans les Masamba et les binkubala noirs. L'absence des métaux lourds (Co, Cr, Ni) dans les chenilles pourrait concorder avec le constat de G. Mabossy qui en a trouvé à des teneurs très basses (1) ou à l'état des traces (teneurs inférieures à 0,04) ; ce qui nous amène à dire que sous cet angle les chenilles étudiées sont non toxiques pour l'organisme humain. En outre les masamba présentent presque la même composition en minéraux que les Binkubala noirs à part le magnésium (225,8mg/100g) qui est plus abondant dans ce dernier et c'est une valeur qui approche celle de *Imbrasia oyemensis* (208, 06 ± 0,95 trouvée par Foua Bi et al (9) pour la même espèce.

Par rapport aux valeurs trouvées par Foua Bi (9), des écarts très remarquables s'observent comme rapporté ci –dessous :

La teneur en calcium (307,3 ± 0,01 mg/100g) contre 634 ,38 est presque double ; La teneur en sodium (511,02 ± 0,04mg/ 100g) contre 217,60 est presque la moitié ; Pour le cuivre (4,809 ± 0,03mg /100g) contre 8 ,21 les valeurs sont presque le double à part dans les Bikubala jaunes.

Pour le manganèse 387,900 ± 3,99 mg/ 100g, les valeurs trouvées sont très inferieures (39,26 et 51,81 respectivement pour les Binkubala jaune et les Tunkubio et 143,42 et 142,40 respectivement pour les Bikubala noirs et les Masamba.

Ces différences pourraient se justifier par l'influence de plusieurs facteurs, notamment la provenance géographique, l'espèce de chenille, état de maturité des chenilles, état et temps de conditionnement après le ramassage et aussi l'expertise du technicien de laboratoire.

Il importe de signaler que les valeurs trouvées pour le calcium (524,74 – 986,53 mg/100g), le cuivre (2-10,67mg/100g), le manganèse (39 – 143 mg/100g), le sodium 184-361 mg/100g en font des sources naturelles importantes par rapport aux besoins journaliers.

4 CONCLUSION ET SUGGESTION

Au terme du présent travail, nous pouvons relever ce qui suit :

1. Les différentes espèces des chenilles comestibles contiennent des nutriments tels que les protéines, les lipides, les glucides et les minéraux en quantités appréciables faisant des chenilles des aliments protéinés plus riches que le Soja, l'arachide et la viande.
2. Il convient de vulgariser les données relatives à la composition des chenilles comestibles de Lubumbashi en vue de leurs exploitations rationnelles et pour combattre la malnutrition et la sous-alimentation.

REFERENCES

[1] Germain Mabassy- Mabouna, thérese Kinkela, Arsène Lenga, 2017, Apports nutritifs des chenilles d'Imbrasia truncata consommés au Congo-Brazzaville. Journal of Animal & Plant sciences, Vol 31, Issue 3. 5050 – 5062 PP, http://www.m.cleva.org/ JAPS; ISSN 2071 – 7024.

[2] AKAS D., Mugambwa M., Ilunga N., Madi M., Mulombe S. Ntumba T., 2011, les chenilles comestibles au Katanga : nomenclature et normalisation, revue S.T.A, vol 3 n°5, CRAA, pp 388 – 406.

[3] Lambrechts A., Bermer G., ( ) enquêtes alimentaires et agricole dans les populations rurales du Haut-Katanga.

[4] Pierre Petit, 2001, Byakula : approche socio anthropologique de l'alimentation à Lubumbashi, O C U…

[5] Kodondi K.K., Leclerq M., Bourgeay-Causse M., Pascaud A. , Gaudin- Harding F. ; 1987, Intérêt nutritionnelle. Cab. Nutr. Diét. XXII (6). 473 – 477.

[6] Malaisse F., Parents G. : 1980. Les chenilles comestibles du Shaba méridional. Les Naturaliste Belges. 61 (1) : 2 – 24.

[7] Mapunzu M., 2002. Contributions de l'exploitation des chenilles et outres larves comestibles dans la lutte contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté en République Démocratique du Congo. In N'Gasse (Ed) contribution des insectes de la forêt à la sécurité alimentaire, l'exemple des chenilles d'Afrique centrale, FAO, Rome, consulté le 10 Février 2015.

[8] Muvundja F,A,U, Mande P. , Alunga L,G. , Balagizi K. I. Isumbisho M.P. , 2012, Valorisation de la chenille comestible Bunaeopsis aurantiaca dans la gestion communautaire des forêts du Sud-Kivu (République Démocratique du Congo) 8 - 10 P.

[9] Foua Bi F.G., Meite A., Dally T., Quattara H., Kouame K. G., et Kati – Coulibally S., 2015, Etude de la qualité biohimique et nutritionnelle de la poudre séchée d'Imbiasia oyemensis, chemilles consomées au centre-ouest de la côte d'Ivoire. J. Appl. Biosci. 96 :9039 – 9048

[10] Amon A.R., Kouadio J.P. , Kouame L. P. , 2009, valeur nutritionnelle et caracterisation physico chimique de la matière grasse de la chenille Imbrasia oyemensis séchée et vendue au marché Gours d'Adjamé (Abidjan, côte d'Ivoire), journal & plant Science, 2009, Vol 3 Issue 3 : 243 – 250. http://www.m.eleva.org/ JAPS/2009/ 3,3/4. pdf.

[11] Okangola E., Solomo E., Tchatchambe W.B., Mate M. Upaki A., Dudu A., Justin A., Asymonyio, Bongo G.N., Puis T., Mpiana et Koto- te – Nyiwa N., 2016. Valeurs nutritionnelles des chenilles comestibles de la ville de Kisangani et ses environs (province de la Tshopo, République Démocratique du Congo). International journal of Innovation aux scientific Research, ISSN 2351 – 8014, Vol 25 N° 1, pp 278 – 286

[12] Ngoy K. , Minga S. , Kasongo O. , Katanu F., Twite L., Mukandi W. , et Kodondi. 2015 : Mise au point d'un alicament de sevrage à base de matières premières locales, cas de chenilles. Revue S.T.A. Vol 4 n°1, Tome 2. CRAA. Pp 1 – 6.

[13] Okangola E., Salomo E., Lituka Y., Tchatchambe W.B., Mate M., Upoki A., Dudu A., Justin Asimonyio A., Pius M. et Koto – te – Nyiwa N., 2016, Etude ethnobotanique et floristique de quelques plantes hôtes des chenilles comestibles à usage medecinal dans le sectan de Bakumu- Mangongo (territoire d'ubundu, province de la Tshopo, RD.Congo). International of innovation and Scientific Research ISSN 2351 – 8014. Vol 26 N° 1, pp 146 – 160.

[14] Malaisse F., 1997, se nourrir en forêt claire Africaine : Approche écologique et nutritionnel, les presses Agronomiques de Gembloux A. S.B.L .P…

[15] Charles Gerber 1976, Cuisine et diététique. Edition Solt 7790 Dammarie, les lis, France,pp 375.

[16] Aurettes Simeon de Robert, la cuisine pour diabétiques. Edition S. A. E. P. INGERSHEIM 68000 COLMAR, Collection santé. Pp 426.

[17] Chantecler, 1991, les aliments et leurs compositions by. Edition chantecler, division de la Zuidnederlandse Uitgeverij N.V., Belgique, pp 57.

[18] Herbert M. SHELTON. SHELTON, 1988, Les combinaisons Alimentaires et votre santé. Edition de LA NOUVELLE HYGIENE, Paris 6 pp 125.

[19] Georges Pamplona – Roger, 2010, santé par les aliments, Collection nouveau style de vie, Editorial bafeliz, chine, pp 382.

[20] Dufey F., 1986, Biologie cellulaire, Ed. CRP, Kinshasa, pp 159.

[21] Groegaert, 1958, Recueil des modes opératoires en usages au laboratoire d'analyse de l'INEAC, Bruxelles.

[22] Bukatuka F.C., Ngombe K.N., Mutwale K.P., Moni B.M., Makengo K.G., Pambu L.A., Bongo N.G., Mbombo M.P., Musuya M.D., Maloneki U., Ngbolua K.N., Mbemba F. T., Bioactivity and nutritionnal valeurs of some Dioscorea species traditionally used as medecinal foods in Bandundu, D.R. Congo. European journal of Medecinal plants, vol 14, n°1, pp 1 – 11.

[23] Dubois M., Gilles K.A., Hamilton P.A., Ruberg A., Smith F., 1956, Colorimétrie method for determination of sugars and related substances. Analytical chemistry, pp 350 -356.

[24] Malaisse F., Parent G., 1980, Les chenilles comestibles du Shaba méridional (Zaïre), Nat. Belg. Vol 61 pp 2 – 24.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1892-1900
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Potentiel nutritionnel et thérapeutique des chenilles comestibles de la ville de Lubumbashi (Province du Haut-Katanga / R.D.C.)

H. Malonga L'kisaten[2], M.R. Kanga-Kanga[1], N.D. Mulungu-Lungu[1], D. Badibanga Kasumpa[1], G. Nsenga Mpanda[1], N. Khang Mate Mpie[3], F. Musala Kiyula[4], C. Kalaka Mayur[1], D. Ntumba Tshovu[1], and J. Kahozi Sumba[1]

[1]Centre de Recherche Agroalimentaire, CRAA, Lubumbashi, RD Congo

[2]Institut Supérieur des Techniques Appliquées, ISTA, Lubumbashi, RD Congo

[3]Faculté de Médecine Humaine, UNILU, RD Congo

[4]Institut Supérieur Technique Catholique de Kikwit, RD Congo

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

ABSTRACT: With through this research, we proceeded by the compilation of the nutritional data relating to the edible caterpillars in particular the composition out of proteins (and acids amino), in lipids (and acid fats), of ashes (and minerals) concerning four species of the caterpillars of which *Imbrasia oyemensis, Imbrasia truncata, Cirina forda and Notodontidae sp1*.At the end of this one we passed to the description of the nutritional and therapeutic potential as of those for a strict and rational consumption as well as any other rich food in protein and lipid and particularly those of animal origin which are the fish, the egg and the meat or their derivatives.

KEYWORDS: Caterpillars, food, nutritional potential, potential therapeutic.

RÉSUMÉ: A travers cette recherche, nous avons procédé par la compilation des données nutritionnelles relatives aux chenilles comestibles notamment la composition en protéines (et acides aminés), en lipides (et acides gras), en cendres (et minéraux) concernant quatre espèces des chenilles dont *Imbrasia oyemensis, Imbrasia truncata, Cirina forda et Notodontidae sp1*. Au terme de celle-ci nous sommes passé à la mise en évidence du potentiel nutritionnel et thérapeutique des celles-ci pour une consommation stricte et rationnelle au même titre que tout autre aliment riche en protéines et lipides et particulièrement ceux d'origine animale qui sont le poisson, l'œuf et la viande ou leurs dérivés.

MOTS-CLEFS: Chenilles, aliment, potentiel nutritionnel, potentiel thérapeutique.

1 INTRODUCTION

L'homme doit manger pour vivre et le but de l'alimentation est de satisfaire strictement et rationnellement les légitimes besoins de la nutrition. Or la nutrition doit non seulement assurer à notre corps la chaleur et l'énergie qui lui sont nécessaires pour le maintien de la température constante et le fonctionnement normal de ses organes ; mais elle doit aussi permettre au corps de se développer régulièrement, de procéder aux réparations entrainées par l'usure des tissus ou par des traumatismes de toutes sortes et de lutter efficacement contre les ennemis du dehors et les ennemis du dedans (1).

Pour atteindre ces objectifs qui permettent à l'homme de vivre en bonne santé et disposer de toutes ses capacités physiques, mentales, intellectuelles et morales, il doit observer et mettre en pratique les règles ou principes de l'hygiène alimentaire. L'ignorance et/ou la négligence de celles-ci amène à des conséquences contraires à ce qui précède et particulièrement peut surgir:

Corresponding Author: M.R. Kanga-Kanga

- Le développement des maladies métaboliques : obésité (excès des protéines et/ou des lipides surtout des graisses saturés), diabète (consommation désordonnée des glucides), gouttes, cancers ;
- L'exposition de l'organisme aux maladies carentielles : Anémie (Carence en fer et vitamine), constipation (régime alimentaire incorrect), diarrhée (allergie ou intolérance alimentaire).

C'est pourquoi en fonction d'un certain nombre des facteurs ; notamment l'âge, sexe, habitude alimentaire, occupations/ activités de la journée et surtout état de santé que chaque individu possède son propre vade-mecum ; car en plus des phénomènes ci haut évoqués, la consommation d'un aliment peut toujours conduire à des conséquences complexes et imprévisibles de nature à aggraver ou à améliorer l'état biologique d'un organisme fragile ou malade au départ. Les cas suivants peuvent être épinglés (21):

- la consommation des aliments riches en graisses saturées comme la charcuterie et autres dérivés de la viande aggrave la dépression ;
- L'insuffisance cardiaque peut être due à la carence de la vitamine B1 ou certains minéraux comme les Ca, Mg et K ;
- La consommation des boissons alcoolisées et les aliments riches en graisses et en protéines d'origine animale est une menace principale pour le foie (hépatite, cirrhose, ..) ;
- La carence en zinc peut favoriser la croissance excessive de la prostate, alors que le cholestérol et graisses saturées réduisent la puissance sexuelle ;
- Certains composants des aliments sont nocifs pour les artères (Na, graisses saturées, cholestérol) alors que d'autres favorisent leur bon état (anti oxydants, fibres solubles et les acides gras insaturés).

Tout ce qui vient d'être élucidé nous amène à comprendre que tout aliment a un potentiel nutritionnel et thérapeutique exploitable selon l'organisme. L'ignorance ou la négligence des principes de l'hygiène alimentaire expose celui-ci à diverses pathologies S'agissant des chenilles, des études ont été menées en Afrique (2,3,4), en RDC (5,6,7,8,9,10), à Lubumbashi et ses environs (11,12,13,14,15,16) et ont porté sur les aspects nutritionnels et physicochimiques (7, 15,16), ethno botaniques, floristiques (9), et sur les enquêtes alimentaires (12, 13,14). Toutefois, malgré la disponibilité des résultats de ces recherches qui mettent en évidence non seulement la diversité des chenilles sur le marché à Lubumbashi mais aussi leurs richesses en macronutriments, des lacunes en ce qui concerne leur consommation rationnelle et efficiente en fonction de l'état nutritionnel et /ou de la santé demeurent. En effet, tous les ouvrages de chimie alimentaire, de nutrition et de diététique (17, 18, 19, 20,21) utilisables par le personnel soignant et/ou le consommateur ne renseignent rien de la chenille. Il persiste ainsi un clivage entre le potentiel nutraceutique de la chenille et le niveau de connaissance scientifique qui contribuerait à lutter contre la malnutrition et certaines autres maladies.

Pour combler ce vide, nous avons mené cette étude dont l'objectif est de vulgariser les connaissances scientifiques sur le potentiel nutritionnel et thérapeutique des chenilles comestibles de la ville de Lubumbashi lesquelles données permettront aux consommateurs lushois à pouvoir concevoir et planifier son vade-mecum en prenant des bonnes décisions sur le choix des aliments disponibles, notamment viandes, poissons, œufs, soja, arachides et chenilles qui sont riches en protéines et lipides d'une part et entre les différentes espèces des chenilles d'autre part.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les données bibliographiques relatives à la composition bromatologique des quatre espèces de chenilles comestibles étudiées, en l'occurrence les Binkubala noires (*Imbrasia oyemensis*), les Binkubala jaunes (Imbrasia *truncata*), les Tunkubio (Notodontidae *sp.*) et les Masamba (*Cirina forda*), ont été tirées des ouvrages référenciés (3), (4) et (24). C'est à partir des données de la littérature, notamment la composition en macro et micronutriments des chenilles ci-haut citées et du pouvoir nutraceutique de chaque nutriment et particulièrement les protéines (acides aminés), les lipides (acides gras) et les cendres (minéraux) que nous avons établi le potentiel nutritionnel et thérapeutique spécifique aux chenilles que nous proposons dans le tableau 5 de la présente recherche. En effet, nous partons du principe que les nutraceutiques de la viande, du poisson, du soja, de l'œuf et de l'arachide qui sont susceptibles d'être bénéfique ou nuisible à l'organisme selon la littérature telle que étalée dans la rubrique introductive de la présente recherche sont transposables et adaptables au cas de la consommation des chenilles tenant compte de la qualité et de la quantité des nutraceutiques telles que reprises dans les tableaux 1,2,3 et 4. Les espèces de chenilles objets de notre étude sont représentées sur la figure 1 ci-dessous.

Imbrasia truncate

Notodontidae sp1

Imbrasia oyemensis

Cirina forda

Fig. 1. Chenilles comestibles sur le marché de Lubumbashi.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

La composition moyenne en macro nutriments, les teneurs en éléments minéraux, en cendres des chenilles *Imbrasia Oyemensis, Imbrasia Truncata, Cirina Forda et Notodontidae sp1* sont repris dans les tabeaux 1 et 2 ci-dessous. Le profil en acides aminés des protéines et le profil en acides gras des lipides des chenilles *Imbrasia Oyemensis, Imbrasia Truncata* ésont repris dans les tableaux 3 et 4.

Tableau 1. Composition moyenne des chenilles (24)

Composition des chenilles	Humidité (%)	Protéines (%)	Lipides (%)	Glucides (%)	Cendres (%)	Energie (Kcal)
Imbrasia Oyemensis	4,92	52,24	21,00	7,0	6,0	425,96
Imbrasia Truncata	4,90	53,16	21,50	8,0	4,5	457,14
Cirina Forda	4,91	50,09	20,20	7,0	6,0	410,16
Notodontidae sp1	4,90	53,81	19,80	8,0	5,0	425,44

Tableau 2. Teneurs en éléments minéraux des cendres des chenilles (24)

Espèce	Teneurs en mg/100g matières sèches (M.S.).												
	Cobalt	Cuivre	Fer	Manganèse	Calcium	Zinc	Sodium	aluminium	Nickel	Plomb	Cadmium	Chrome	Magnésium
Imbrasia Oyemensis	0,000	8,21	59,51	143,42	634,38	9,15	217,60	23,32	0,00	7,99	0,94	0,00	225,80
Imbrasia Truncata	0,00	2,10	63,15	39,26	986,53	8,90	184,90	22,20	2,34	8,61	1,17	0,00	96,65
Cirina Forda	0,00	8,10	59,50	142,40	633,34	9,04	217,38	23,10	0,00	7,89	0,92	0,00	63,43
Notodontidae Sp1	0,00	10,60	52,60	51,81	524,74	36,12	361,27	52,74	7,71	7,71	0,8	0,00	52,50

Tableau 3. Profil en acides aminés des chenilles Imbrasia Oyemensis et Imbrasia truncata

Acides aminés	**Imbrasia Oyemensis (mg/g de protéines) (3)**	**Imbrasia truncata (g/100g MS) (4)**
Leucine	68,5± 0,06	2,875 ± 0,05
Isoleucine	55,8 ± 0,48	2,107± 0,002
Lysine	89,8 ± 0,01	2,992 ± 0,124
Tryptophane	20,8 ± 0,05	0,962
Histidine	120 ± 0,01	1,839± 0,023
Thréonine	79,9 ± 0,015	2, 634± 0,03
Valine	61,1± 0,1	2, 440 ± 0,06
Phénylalanine+ tyrosine	88, 3± 0,03	2,738+ 3,793± 0,02
Méthionine+ Cystéine	4,18± 0,33	0,871± 0,01
Total acides aminés essentiels 588,38		
Serine	61,2± 0,09	2,667± 0,06
Glycine	79, 9± 0,09	2,342± 0,05
Proline	59, 2± 0,06	3,055± 0,07
Alanine	70,4± 0,03	2, 314± 0,03
Acide glutamique	50,00± 0,06	5,526± 0,15
Arginine	100,7± 0,07	2,551± 0,003
Acide aspartique	100,1± 0,01	4,175± 0,144
Total acides aminés non essentiels 521,5		
Total acides aminés	**1109,88**	**45,88 ± 0,8**

Tableau 4. Profil en acides gras des lipides des chenilles

Acides gras	Teneur g/100g de la totalité des acides gras	
	Imbrasia oyemensis (3)	**Imbrasia truncata (4)**
Acide laurique (C 12 :0)	1,66 ± 0,025	
Acide myristique (C14 : 0)	1,99 ± 0,01	0,31
Acide palmitique (C16 :0)	10,05 ± 0,06	20,63 ± 0,71
Acide stéarique ((18 : 0)	38,53 ± 0,52	16,44 ± 0,13
Acide Oléique (C18 : 1n.9)	40, 28 ± 0,225	7,68 ± 0,03
Acide linoléique (C 18 : 2n6)	6,58 ± 0,03	8,67 ± 0,1
Acide linolénique (C18 : 3n3)	0,82 ± 0,02	42,63 ± 0,33
Total acides saturés	**52,23%**	**38,72 ± 02**
Total acides gras insaturés	**47,77%**	
Acides gras mono insaturés	40,37%	8,31 ± 0,04
Acides gras polyinsaturés	7,4%	51,63 ± 0,24
C15 :1		0,3
C16 :1		0,33 ± 0,014
C17 :0		1,17 ± 0,0056
C17 :1		11d.
C20 : 0		0,33
C20 :4 n – 6		0,32 ± 0,007

3.2 DISCUSSION

Les aliments en général, ont le pouvoir d'entretenir la vie, de produire l'énergie nécessaire à l'organisme, de permettre à l'organisme de résister aux intempéries, de fournir les éléments nécessaires à la croissance. Ils ont un pouvoir curatif et peuvent même induire des maladies métaboliques dont l'obésité, le diabète, l'anémie, etc. (1, 21,22).

Le tableau 5 illustre le potentiel nutritionnel et thérapeutique des chenilles comestibles. En suivant ces recommandations le consommateur pourra parvenir à faire un usage rationnel et strict des chenilles au même titre que tout autre aliment.

Tableau 5. Possibilités de consommer les chenilles en fonction de l'état pathologique

N°	Etat pathologique de l'organisme	Possibilités de consommation des chenilles
1.	Cas pour les artères - Apoplexie - Arteriosclérose - Hypertension artérielle	Réduire la consommation des chenilles pour réduire les protéines, la matière grasse saturée .Le total des acides gras saturés varie de 38,72 %(Imbrasia truncata) à 52,23% (Imbrasia oyemensis). Pour ce faire, on pourrait préférer Imbrasia truncata pour sa richesse en acides gras polyinsaturés qui est de 51,63% du total de la matière grasse. Augmenter la consommation du magnésium et des poissons, teneur en Mg des chenilles variant de 52 ,50 à 225,80 respectivement pour Notodontidae et Imbrasia Truncata , Réduire ou éliminer la consommation de chenilles suite à leur richesse en protéines, graisses saturées et sodium. En effet, la teneur en Na varie de 184,9 Binkubala Jaune à 361,27mg/100g de M.S. pour Tunkubio. Ce qui est très élevé par rapport aux besoins de l'organisme.
2.	Cas pour le sang - Thrombose - Anémie	Préférer les chenilles par rapport à la viande suite à leurs richesses en fer qui varie de 52,60 – 63,15mg/100g M.S. respectivement pour Tunkubio et Binkubala jaune, donc les chenilles représentent une source naturelle. En effet, le fer est absorbé dans l'intestin au niveau du duodénum et du Jéjunum, c'est le fer sous la forme hémique dont le taux d'absorption est de 20-30%. Contrairement à la forme non hémique contenue dans les aliments du règne végétal, œufs dont le taux d'absorption est seulement de 2-5%. Les Chenilles sont une source naturelle de Vit B_{12}(22) associée aux épinards (Vit B_6) et pâte d'arachide pour compenser les déficits en Méthionine +

		cystéine et Tryptophane, les chenilles pourraient bien répondre aux cas d'anémie des enfants. Le taux de cholestérol dans le sang est de 1,5 à 1,8 g/l. Il est utile car il joue un rôle de protection (un puissant antitoxique), il sert au transport des acides gras avec lesquels ils se combinent et aide à leur assimilation. Mais son excès devient dangereux car il a tendance à se déposer sur les tissus. Il peut provoquer des calculs dans la vésicule biliaire, favoriser la naissance des tumeurs dans le foie et les ovaires ou en se déposant sur la paroi interne des artères entrainer leur durcissement, la diminution de leur calibre, le ralentissement des circulations du sang et de ce fait, le manque de nutrition de certains organes. (1).
3.	Cas pour le foie - Hepatopathie - Hépatite - Cholelithiase - Cirrhose	Réduire la consommation des chenilles suite à leurs richesses en protéines qui varie de 50,09 - 53,81% respectivement pour Masamba et Tunkubio et en graisses saturées (52% de graisses totales, pour les Binkubala noires qui selon le tableau 3, contiennent 588,38 mg des acides aminés essentiels par g de protéines contre 521,5 mg des acides aminés non essentiels.
4.	Dépression	Les chenilles sont pauvres en tryptophane qui est un précurseur de la sérotonine, elles contiennent 20,8 ± 0,05 (Imbrasia oyemensis) à 0,962 g (Imbrasia truncata) pour 100 g de matière sèche. Et donc en cas de dépression, Imbrasia oyemensis serait préféré à Imbrasia truncata. Elles sont relativement pauvres en acide linoléique 6,58±0,03 (Imbrasia oyemensis) à 8,67±0,10 g (Imbrasia truncata) pour 100 g de la totalité des acides gras. Dans l'ensemble, selon Dr Ramon C. Gelabert (23), les chenilles sont à préférer aux autres sources d'origines animales car riche en protéines et lipides et contenant moins de graisse saturée.
5.	Cas de mal d'estomac - dyspepsie - gastrite - ulcère gastroduodénal - hernie Hiatale	Réduire ou éliminer la consommation des chenilles suite à leur richesse en protéines et graisse totale. Lorsqu'un repas pénètre dans l'estomac, son orifice de sortie, le pylore, se ferme pour laisser le temps à la digestion de s'accomplir. L'ouverture du pylore se fera d'autant plus tardivement que le repas sera riche en lipide. Ainsi il faudra parfois 5 à 7 heures pour digérer complètement un repas trop riche en graisse, ce qui peut entrainer une sensation de pesanteur et de lourdeur désagréable. (22)
6.	Cas pour l'intestin Coeliaquie, constipation, colon irrité, Diarrhée, colite, diverticulose	Réduire la consommation des chenilles suite à leurs richesses en protéines, graisse totale. Car les lipides d'origine animale favorisent la multiplication des parasites intestinaux (1). En effet, l'abus des protéines se trouve à l'origine des nombreuses maladies du foie, des reins, des artères des articulations provoquant dans bien des cas un vieillissement précoce ; Le corps peut mettre en réserve les excédents d'hydrates de carbone et de graisse, mais non des excédents de protides qui doivent être brulés, menaçant ainsi d'inonder les tissus de leur déchets (urée). Les protides d'origine animale peuvent s'altérer rapidement et provoquer de la putréfaction intestinale. (1).
7.	Cas pour l'appareil urinaire Néphrose, Faible volume d'urine, lithiase rénale, insuffisance rénale	Réduire la consommation des chenilles suite à la richesse en protéines, graisse totale, Na, et augmenter la consommation de Mg, P. Particulièrement pour le Mg, le besoin journalier est de 0,3-0,5g/J. ; et les chenilles comestibles donnent les valeurs allant de 52,50 – 225,80 mg/100g M.S. respectivement pour Tunkubio et Binkubala noir ; donc les chenilles en sont une source. En effet le Mg est l'un des meilleurs anti-infectieux. C'est un facteur de croissance et régulateur cellulaire. Il assouplit les artères. Il augmente la sécrétion biliaire, participe à la synthèse des protéines et influence la respiration cellulaire. Il renforce le système immunitaire.
8.	Cas pour L'appareil reproducteur Mastophatie fibrokystique	Réduire ou éliminer la consommation des chenilles suite à la richesse en graisse saturée et protéines

	Dysménorrhée, impuissance sexuelle, prostate, hypertrophie.	
9.	Cas pour les métabolismes - Pour éviter l'obésité	Augmenter la consommation de sodium qui retient de l'eau ; les chenilles de par leurs propriétés organoleptiques contribuent à provoquer la sensation de satiété par rapport aux viandes et œufs.
	- Triglycérides élevés	Les produits laitiers sont préférés aux chenilles Réduire la consommation des chenilles suite à leurs richesses en protéines, graisses. En effet, Michel Montignac (22) différencie trois catégories de graisse :
	- Goutte	- Les graisses saturées que l'on trouve dans la viande, les charcuteries, les volailles, les œufs, le lait et fromages. Ces graisses augmentent le taux de cholestérol total et surtout LDL-Cholestérol qui se dépose sur les parois artérielles favorisant ainsi les accidents vasculaires. - Les acides gras polyinsaturés d'origine animale essentiellement contenues dans la graisse du poisson dont la consommation entraine en effet une importante baisse des triglycérides et prévient les thromboses et donc bénéfique sur le plan cardio vasculaire. - Les acides gras mono saturés dont le chef de file est l'acide oléique que l'on trouve dans l'huile d'olive qui a une action bénéfique sur le cholestérol car le seul à faire baisser le mauvais cholestérol (LDL) et à faire augmenter le bon cholestérol (HDL). Compte tenu de la composition en acides gras des chenilles (tableau 4); celles-ci sont à préférées comme source lipidique ; cas de : - Imbrasia oyemensis qui est très riche en acides gras mono insaturés, particulièrement l'acide oléique évalué à 40,28 g pour 100g de la totalité des acides gras ; - Imbrasia truncata qui est très riche en acides gras polyinsaturés évalués 51,63 g pour 100 g d'acide gras polyinsaturés.
	- Diabète	Réduire la consommation des chenilles suite aux graisses saturées, Cependant les teneurs de Zinc trouvées 8,9-36,12 mg/100g font que les chenilles en soient une source naturelle. Le Zinc est primordial pour la synthèse des protéines, pour la croissance des cellules et leur respiration. Il exerce un rôle dans les fonctions de reproduction et dans le diabète en renforçant la sécrétion de l'insuline et en régularisant le pancréas (23).
10.	Cas pour l'appareil Locomoteur Ostéoporose, Arthrite rhumatoïde	Réduire la consommation des chenilles suite aux protéines et graisses totales
11.	Cas pour la peau Allergie	La peau est sensible aux carences nutritives en protéines, acides gras essentiels, vit A et Vit C, en fer et Zn, donc réduire la consommation des chenilles tout comme celles du lait, du poisson et de la viande.
12.	Cas pour les infections	Certains aliments sont recommandés en cas d'infections car ils favorisent la fonction du système Immunitaire, le bon fonctionnement du système de défense complexe contre les agents infectieux et les substances étrangères exigeant certaines substances nutritives, en particuliers : les protéines, vitamines anti oxydants (A, C, E), oligo éléments comme le fer, sélénium, Zn, cuivre. Les aliments qui apportent ces substances nutritives ne devraient pas manquer ; donc les chenilles sont recommandées.
13.	Cas du Cancer	Les chenilles sont à préférer car les viandes et les poissons accroissent les risques : - A partir de leur sang (viande rouge)

		- Traitement subit (cuisson, salée, composés phénoliques lors du fumage, additifs alimentaires, vaccins, antibiotiques administrés, produits chimiques déversés dans l'eau ….
14.	Maux de tête	Les chenilles sont à préférer par rapport aux viandes pour leurs richesses en magnésium (52,50 pour Imbrasia truncata et 225,80 mg pour 100 g de matière sèche pour Imbrasia oyemensis) qui permet de maintenir le tonus des vaisseaux sanguins ; leur richesse en acide gras polyinsaturé et du fait que les viandes et leurs dérivées contiennent les nitrites comme conservateur et leurs teneurs en glutamate monosodique (23).

4 CONCLUSION ET SUGGESTION

Au terme du présent travail, nous pouvons relever ce qui suit :

1. Les différentes espèces des chenilles comestibles contiennent des nutriments tels que les protéines, les lipides, les glucides et les minéraux et constituent des éléments importants faisant des chenilles une bonne source d'aliments protéinés plus que le soja, l'arachide et la viande eu égard aux teneurs.
2. Compte tenu de leurs qualités et quantités en acides gras, acides aminés et éléments minéraux leur consommation est à recommander dans beaucoup de cas.

REFERENCES

[1] Charles Gerber 1976, Cuisine et diététique. Edition Solt 7790 Dammarie, les lis, France, pp 375.

[2] Amon A.R., Kouadio J.P. , Kouame L. P. , 2009, Valeur nutritionnelle et caractérisation physico chimique de la matière grasse de la chenille Imbrasia oyemensis séchée et vendue au marché Gours d'Adjamé (Abidjan, côte d'Ivoire), journal & plant Science, 2009, Vol 3 Issue 3 : 243 – 250. http://www.m.eleva.org/ JAPS/2009/ 3,3/4. pdf.

[3] Foua Bi F.G., Meite A., Dally T., Quattara H., Kouame K. G., et Kati – Coulibally S., 2015, Etude de la qualité biohimique et nutritionnelle de la poudre séchée d'Imbiasia oyemensis, chemilles consomées au centre-ouest de la côte d'Ivoire. J. Appl. Biosci. 96 :9039 – 9048

[4] Germain Mabossy- Mobouna, thérese Kinkela, Arsène Lenga, 2017, Apports nutritifs des chenilles d'Imbrasia truncata consommés au Congo-Brazzaville. Journal of Animal & Plant sciences, Vol 31, Issue 3. 5050 – 5062 PP, http://www.m.cleva.org/ JAPS ; ISSN 2071 – 7024

[5] Kodondi K.K., Leclerq M., Bourgeay-Causse M., Pascaud A., Gaudin- Harding F. ; 1987, Intérêt nutritionnel. Cab. Nutr. Diét. XXII (6). 473 – 477.

[6] Mapunzu M., 2002. Contribution de l'exploitation des chenilles et Autres larves comestibles dans la lutte contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté en République Démocratique du Congo. In N' Gasse (Ed) contribution des insectes de la forêt à la sécurité alimentaire, l'exemple des chenilles d'Afrique centrale, FAO, Rome, consulté le 10 Février 2015.

[7] Muvundja F,A,U, Mande P. , Alunga L,G. , Balagizi K. I. Isumbisho M.P. , 2012, Valorisation de la chenille comestible Bunaeopsis aurantiaca dans la gestion communautaire des forêts du Sud-Kivu (République Démocratique du Congo) 8 - 10 P.

[8] Okangola E., Solomo E., Tchatchambe W.B., Mate M. Upaki A., Dudu A., Justin A., Asymonyio, Bongo G.N., Puis T., Mpiana et Koto- te – Nyiwa N., 2016. Valeurs nutritionnelles des chenilles comestibles de la ville de Kisangani et ses environs (province de la Tshopo, République Démocratique du Congo). International journal of Innovation aux scientific Research, ISSN 2351 – 8014, Vol 25 N° 1, pp 278 – 286

[9] Okangola E., Salomo E., Lituka Y., Tchatchambe W.B., Mate M., Upoki A., Dudu A., Justin Asimonyio A., Pius M. et Koto – te – Nyiwa N., 2016, Etude ethnobotanique et floristique de quelques plantes hôtes des chenilles comestibles à usage medecinal dans le sectan de Bakumu- Mangongo (territoire d'ubundu, province de la Tshopo, RD.Congo). International of innovation and Scientific Research ISSN 2351 – 8014. Vol 26 N° 1, pp 146 – 160.

[10] Bukatuka F.C., Ngombe K.N., Mutwale K.P., Moni B.M., Makengo K.G., Pambu L.A., Bongo N.G., Mbombo M.P., Musuya M.D. , Maloneki U., Ngbolua K.N., Mbemba F. T., Bioactivity and nutritionnal valeurs of some Dioscorea species traditionally used as medecinal foods in Bandundu, D.R. Congo. European journal of Medecinal plants, vol 14, n°1, pp 1 – 11.

[11] AKAS D., Mugambwa M., Ilunga N., Madi M., Mulombe S. Ntumba T., 2011, les chenilles comestibles au Katanga : nomenclature et normalisation, revue S.T.A, vol 3 n°5, CRAA, pp 388 – 406.

[12] Lambrechts A., Bermer G., enquêtes alimentaires et agricole dans les populations rurales du Haut-Katanga.

[13] Pierre Petit, 2001, Byakula : approche socio anthropologique de l'alimentation à Lubumbashi, O C U…
[14] Malaisse F., Parents G.1980, Les chenilles comestibles du Shaba méridional. Les Naturalistes Belges. 61 (1), Pp 2 – 24.
[15] Ngoy K., Minga S., Kasongo O., Katanu F., Twite L., Mukandi W., et Kodondi. 2015 : Mise au point d'un alicament de sevrage à base de matières premières locales, cas de chenilles. Revue S.T.A. Vol 4 n°1, Tome 2, CRAA, Pp 1 – 6.
[16] Malaisse F., Parent G., 1980, Les chenilles comestibles du Shaba méridional (Zaïre), Nat. Belg. Vol 61 pp 2 – 24.
[17] Malaisse F., 1997, se nourrir en forêt claire Africaine : Approche écologique et nutritionnel, les presses Agronomiques de Gembloux A. S.B.L .P…
[18] Aurettes Simeon de Robert ( ), la cuisine pour diabétiques. Edition S. A. E. P. INGERSHEIM 68000 COLMAR, Collection santé. Pp 426.
[19] Chantecler, 1991, les aliments et leurs compositions by. Edition chantecler, division de la Zuidnederlandse Uitgeverij N.V., Belgique, pp 57.
[20] Herbert M. SHELTON. SHELTON, 1988, Les combinaisons Alimentaires et votre santé. Edition de LA NOUVELLE HYGIENE, Paris 6, pp 125.
[21] Georges Pamplona – Roger, 2010, santé par les aliments, Collection nouveau style de vie, Editorial bafeliz, chine, pp 382.
[22] Michel Montignac, 1992, je mange, donc je maigris. Ou les secrets de la nutrition, édition Artulen, 4 édition, Paris, pp 285
[23] Ramon C. Gelabert 2007, Guide pratique de la santé, dépression, traitement scientifique et naturel. Edition Vidasana ,1ère édition, Espagne, pp 64.
[24] Kanga Kanga M'funi R., Ntumba Tshiovu D., Nsenga mmpanda G., Lenge Nonda F. ; 2018 les chenilles comestibles dela ville de Lubumbashi monographie CRAA Lubumbashi pp 72.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1901-1907
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www. ijias. issr-journals. org/

La décentralisation au Maroc : Perspectives et défis

[Decentralization in Morocco : Perspectives and Challenges]

Almahdi Koraich and Moustapha Hamzaoui

Department of Economics,
Faculty of law and economics, Abdelmalek Essaadi University,
Tangier, Morocco

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

ABSTRACT: The aim of this paper is to examine the context of the decentralization in Morocco, its evolution, the objectives and the finalities of this process, as well as the modalities and rules of administrative division. In addition, it analyzes the impact of decentralization on public and fiscal policies, and on economic growth. A detailed analysis of local finances and the role of each administrative level is presented. This analysis shows that Morocco has to ignore the regional identity during the administrative division, which will provoke conflicts and social risks. For local finances, transfers of resources to local authorities remain low. In terms of sharing tax resources, there is a lack of harmony, communication and information sharing between the different levels and the state. Our contribution will focus on the issues of administrative division, spatial optimum, regional balance, good governance, autonomy and regional taxation, as well as the division of powers. This paper also attempts to analyze the constraints and assess the potential of the regions. Finally, it seems that the speed of application of the process is slow.

KEYWORDS: Region, disparities, advanced regionalization, territorial development.

RESUME: Ce papier examine le contexte de la décentralisation au Maroc, son évolution, les objectifs et finalités de ce processus, ainsi que, les modalités et règles de découpage administratif. De plus, il analyse l'impact de la décentralisation sur les politiques publiques et fiscales, et sur la croissance économique. On présentant une analyse précise des finances locale et du rôle de chaque échelon administratif. Il ressort de cette analyse que le Maroc à ignorer l'identité régionale lors du découpage administratif, ce qui va provoquer des conflits et risques sociaux. Pour les finances locales, les transferts des ressources aux collectivités territoriales restent faibles, En termes de partage de ressources fiscales, on note un manque d'harmonie, de communication et de partage d'information entre les différents échelons et l'état. Notre contribution sera centre sur les questions de découpage administratif, d'optimum spatial, d'équilibre régional, de la bonne gouvernance, d'autonomie et fiscalité régionale, ainsi que la répartition des compétences. Ce papier tente aussi à analyser les contraintes et d'évaluer les potentialités des régions. Enfin, il semble que la vitesse d'application du processus est lente.

MOTS-CLEFS: Région, disparités, régionalisation avancée, développement territorial.

1 INTRODUCTION

Au Maroc, les discours du Roi Mohammed VI sont devenus au cours des deux dernières décennies une référence pour les acteurs politiques et sociaux, la dynamique de tout changement et le noyau autour duquel se construit le consensus sur les politiques, Le Roi a citer plusieurs réformes dans ces discours (la réforme du système judiciaire, l'établissement d'une nouvelle charte sociale [1] par laquelle le Roi visait à consolider la bonne gouvernance, définie comme «la clé de la démocratie et du développement » et la modernisation de l'État).

Corresponding Author: Almahdi Koraich

La vitesse d'application du processus de décentralisation au Maroc est lente (idem pour chaque réforme), et se développe progressivement (continuellement), par contre, d'autres pays, ont réalisés plus rapidement le processus et avec une pression politique. En outre, Pour que le processus en question soit efficace, le Maroc a besoin des structures locales à la hauteur des nouvelles exigences et responsabilités qui leur sont assignées par la réforme.

Dans le cas contraire, si les capacités et les structures locales ne sont pas à la hauteur des nouvelles exigences et responsabilités qui leur sont assignées par la réforme, cela peut accentuer les inégalités interrégionales en matière de croissance économique, de développement humain et d'accès au service de base, ce qui entraine une détérioration de la qualité de vie de la population, d'où la nécessité d'identifier les régions qui ont un retard socio-économique et de disposer d'un outil pour le suivi et l'évaluation de l'état du développement régionale. A cet effet la construction d'un indicateur synthétique couvrant la plupart des volets socio-économique est nécessaire pour révéler les inégalités interrégionales qui existent.

Le papier est divisé en trois parties :

La première partie illustre les objectifs et finalités du processus de la régionalisation avancée, la deuxième partie fournit un aperçu général du processus de la décentralisation au Maroc, La deuxième section illustre les objectifs et finalités de processus en question, règles et modalités de découpage administratif. La dernière section est consacrée à la finance locale.

2 OBJECTIFS ET FINALITÉS DE LA RÉGIONALISATION AVANCÉE :

Selon le premier article de la nouvelle constitution de 2011 « l'organisation du royaume est décentralisée, elle est fondée sur une régionalisation avancée » [2].

La régionalisation avancée [3] est un nouveau processus dynamique à travers lequel le Maroc tente à s'adapter à une nouvelle situation, dont le but de revoir les relations qui existe entre l'état et les pouvoirs centraux et locaux; c'est un instrument efficace pour gérer la répartition interne du pouvoir parmi les élites locales. Ce processus contribue à la valorisation des potentialités et des ressources propres à chaque région. Elle favorise l'élaboration des grands projets et la mobilisation des différents acteurs locaux. Ces grands projets contribueront à la promotion de la croissance à l'échelle régionale et le renforcement d'une cohésion spatiale afin d'atténuer les inégalités entre les régions et assurer leurs attractivités.

Parmi les objectifs de la régionalisation avancée au Maroc on trouve:

La modernisation des rouages de l'état , la mobilisation et la synergie entre les différents acteurs[1] dans le but d'atténuer les risques politiques, sociaux et culturels ; réduire les dépenses de l'Etat par la diminution des provinces, les agences de développement et d'autres institutions inutiles ; encourager l'esprit d'initiative et de créativité chez les citoyennes et les citoyens et chez leurs élus ; Promouvoir la proximité et instaurer l'inter-sectorialité des collectivités territoriales, afin d'améliorer l'efficacité de l'action publique ; Contribuer à la progression du processus de la décentralisation dans ses dimensions politico-administratifs, économiques, sociales, culturel et environnementale , et à l'élaboration d'un environnement démocratique, participatif, favorable à la bonne gouvernance, à la responsabilisation des fonctionnaires de l'Etat, des organismes et des responsables élus à tous les niveaux et de mettre en avant la participation et l'implication de la population dans les affaires régionales ce qui contribue à la stabilité politique, économique et administratives ; Suivre la mise en œuvre des objectifs du Millénaire pour le développement (OMD) : *' La territorialisation de la dimension genre au niveau des plans de développement',* par l'encouragement de l'équité genre en matière d'accès des femmes aux fonctions électives et de gestion en région et la participation des citoyens, de la société civile et du secteur privé au débat public dans leurs contributions aux affaires régionales et à la bonne conduite de ces affaires ; Renforcement de la compétitivité économique et assurer le développement régional ; Répondre aux exigences de l'Union européenne imposées au Maroc dans le cadre de la politique européenne de voisinage, du plan d'action UE-Maroc 2007-2013 et des accords sur le statut avancé **;** Fournir un cadre politique dans lequel le Plan d'autonomie marocain pourrait être crédible et admissible [4], aider de nouvelles élites à émerger et remplacer les dirigeants traditionnels [5].

[1] Tous les discours royaux sont disponibles en ligne à http://www. map. ma/fr/ (consulté le 18 septembre 2017).

3 RÈGLES ET MODALITÉS DE DÉCOUPAGE

3.1 HISTORIQUE DE LA REGIONALISATION AVANCEE AU MAROC

Pour mieux situer la régionalisation dans son contexte historique et politique, on va présenter une petite histoire de la tradition régionale du Maroc, ce processus est passé par de grandes étapes (voir figure ci-dessous).

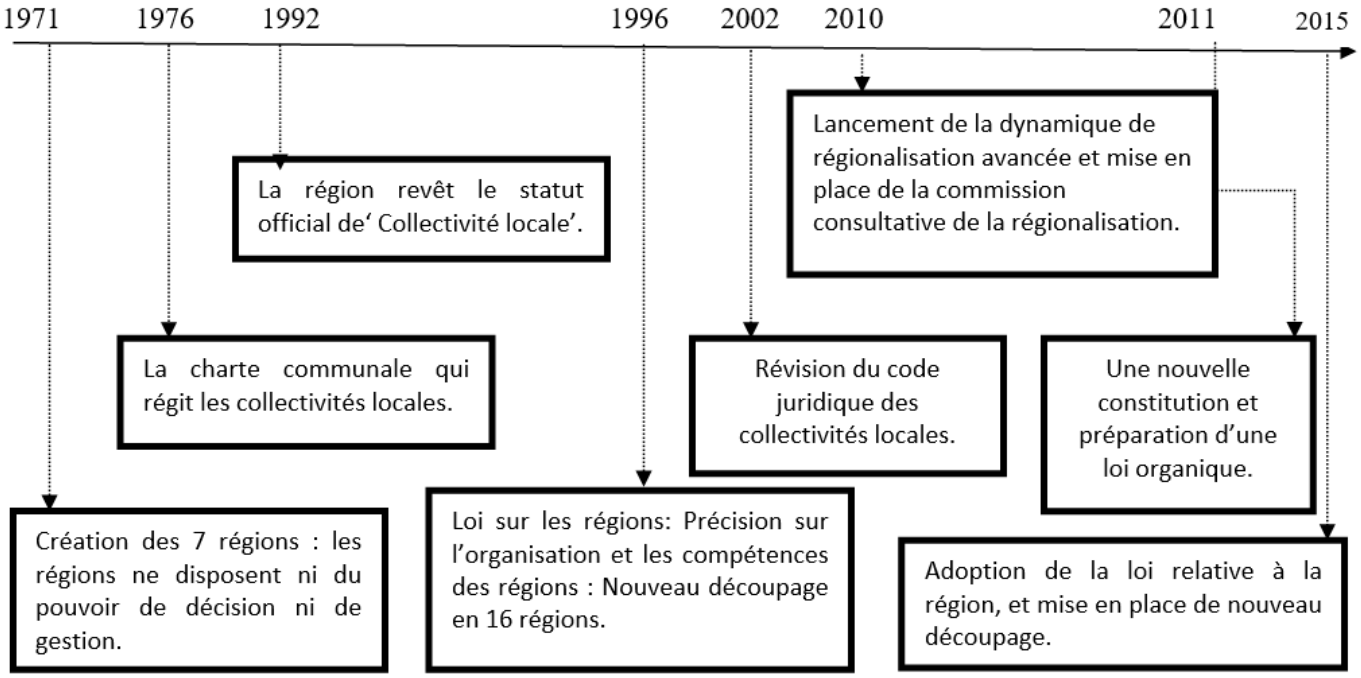


Fig. 1. Processus de la régionalisation au Maroc

En 1970, Les pouvoirs publics ont manifesté pour la première fois un intérêt pour la région, en 1971, les pouvoirs publics ont mis en place sept régions (les régions du Sud, du Tensift, du Centre, du Nord-ouest, du Centre-nord, Oriental et du Centre-sud), durant cette période, la régionalisation est adoptée en tant qu'instrument de développement économique et social.

En 1976, une charte communale qui régit les collectivités locales est désormais un cadre approprié pour la planification du développement. L'organisation communale confère au Conseil communal (élu au suffrage universel direct) la latitude de « définir le plan de développement économique et social de la commune conformément aux orientations et objectifs du plan national » [6].

La charte communale a attribué aux communes de larges prérogatives dans la gestion des affaires locales, dont le but d'améliorer le bienêtre de la population local et d'initier les bases du développement du territoire.

En 1992, Le Roi voulait marquer le dépassement de la région de 1971 et souhaitait une région institutionnelle à pouvoir délibératif, la régionalisation a été réellement mis à l'épreuve par la création des collectivités locales.

L'accession de la région au statut de collectivité territoriale remonte à la révision constitutionnelle de 1992, mais la déclinaison législative de cette consécration n'est intervenue qu'en 1997[2].

En 1997, un découpage du territoire national[3] a été dicté par des enjeux autres que ceux du développement régional ; ce qui a fait qu'on s'est retrouvé avec des régions plus influentes économiquement et humainement que d'autres et avec des déséquilibres qui empêchent la naissance de vrais pôles de développement régional.

[2] Voir loi 47-96 relative à l'organisation de la région

[3] Dahir et décret du 17 Aout 1997 ont tracé le découpage du territoire national en 16 régions

Après avoir été promulguée dans le cadre du dahir du 16 juin 1971 portant création des régions économiques, la régionalisation a été réellement mise à l'épreuve par la création des collectivités locales à partir de 1992.

Les deux processus de régionalisation de 1992 et 1997 ont montré que la politique régionale marocaine était caractérisée par la déconcentration plutôt que la décentralisation du pouvoir, en raison du transfert limité de compétences et de ressources humaines et financières de l'État central vers les régions.

En 2010, on constate le lancement de la dynamique de la régionalisation avancée par la nomination de la commission consultative de la régionalisation chargée d'élaborer une conception générale d'un modèle marocain de régionalisation avancée, un processus qui a abouti à doter la région du statut de collectivité locale autonome. La constitutionnalisation de la régionalisation dans la constitution de 2011 et dernièrement le passage du découpage en 16 régions à 12 régions en 2015 et l'adoption de la loi relative à la région en 2015.

Actuellement, le Maroc comprend 12 régions, 75 provinces, 1503 communes pour un pays d'une superficie de 710 850 km et une population de 35 millions d'habitants (Annuaire statistique du Maroc, 2017).

Tableau 1. Distribution des collectivités territoriales selon le nouveau découpage administratif

Région	Nombre de province/préfecture	Nombre de communes	Surface (%)
R1 : Oued Ed-Dahab-Dakhla	2	13	18. 41
R2 : Laâyoune - Sakia El Hamra	4	20	19. 7
R3 : Guelmim - Oued Noun	4	53	6. 49
R4 : Souss - Massa	6	175	7. 57
R5 : Draa-Tafilalet	5	109	18. 59
R6 : Marrakech – Safi	8	251	5. 5
R7 : Grand Casablanca	9	153	2. 74
R8 : Béni Mellal-Khenifra	6	164	5. 77
R9 : Rabat - Salé – Kenitra	7	114	2. 56
R10 : Fès – Meknès	9	194	5. 64
R11 : Oriental et Rif	8	147	5. 1
R12 : Tanger-Tétouan- Hoceima	7	110	1. 93
Total :	75	1503	100

L'établissement du projet de la régionalisation avancée a été assis sur l'application de règles techniques telles que '*l'efficience, l'accumulation sur l'existant, l'homogénéité, la fonctionnalité, l'accessibilité et la proximité, la proportionnalité et l'équilibre*[7]'.

Le principe de l'efficience : concerne la taille (superficie, population) et le nombre de régions à mettre en place. Chacune de celles-ci doit avoir une taille suffisante pour avoir une supériorité par rapport aux autres collectivités locales, en termes de compétences de planification, de coordination et d'animation à l'échelle régionale.

Les deux autres règles complémentaires qui ont guidé le projet de découpage sont l'accessibilité et la proximité :

- La notion d'accessibilité traduit la distance kilométrique entre deux entités (200 à 250 Kms) c'est-à-dire, la durée du trajet (deux à trois heures) et le coût du déplacement.
- La notion de proximité renvoie à une distance relationnelle, la région est un lieu d'identification et un cadre d'implication des acteurs locaux où les citoyens partagent un minimum de repères communs et perçoivent, globalement, un tel espace régional comme pertinent.

Quant aux deux autres règles de la proportionnalité et de l'équilibre, leur importance provient du fait qu'elles questionnent la pertinence et la validité d'une préoccupation fréquente, celle de devoir établir « un équilibre » hypothétique entre les régions pour éviter le risque de voir les grandes régions qui dominent voire écrasent les petites.

A noter que l'identité régionale (c'est-à-dire la conscience régionale d'une population et l'identité d'une région) a été ignorer lors du découpage administratif, pourtant, l'identité régionale est un élément clé pour construire des régions sociopolitiques saine [8]. Ce concept est très utile car il reflète les relations multidimensionnelles entre les individus et la société [9], et il joue un rôle dans le discours public de la régionalisation, les acteurs peuvent créer, maintenir et reconfigurer une «réalité» régionale qui oriente également leur vie.

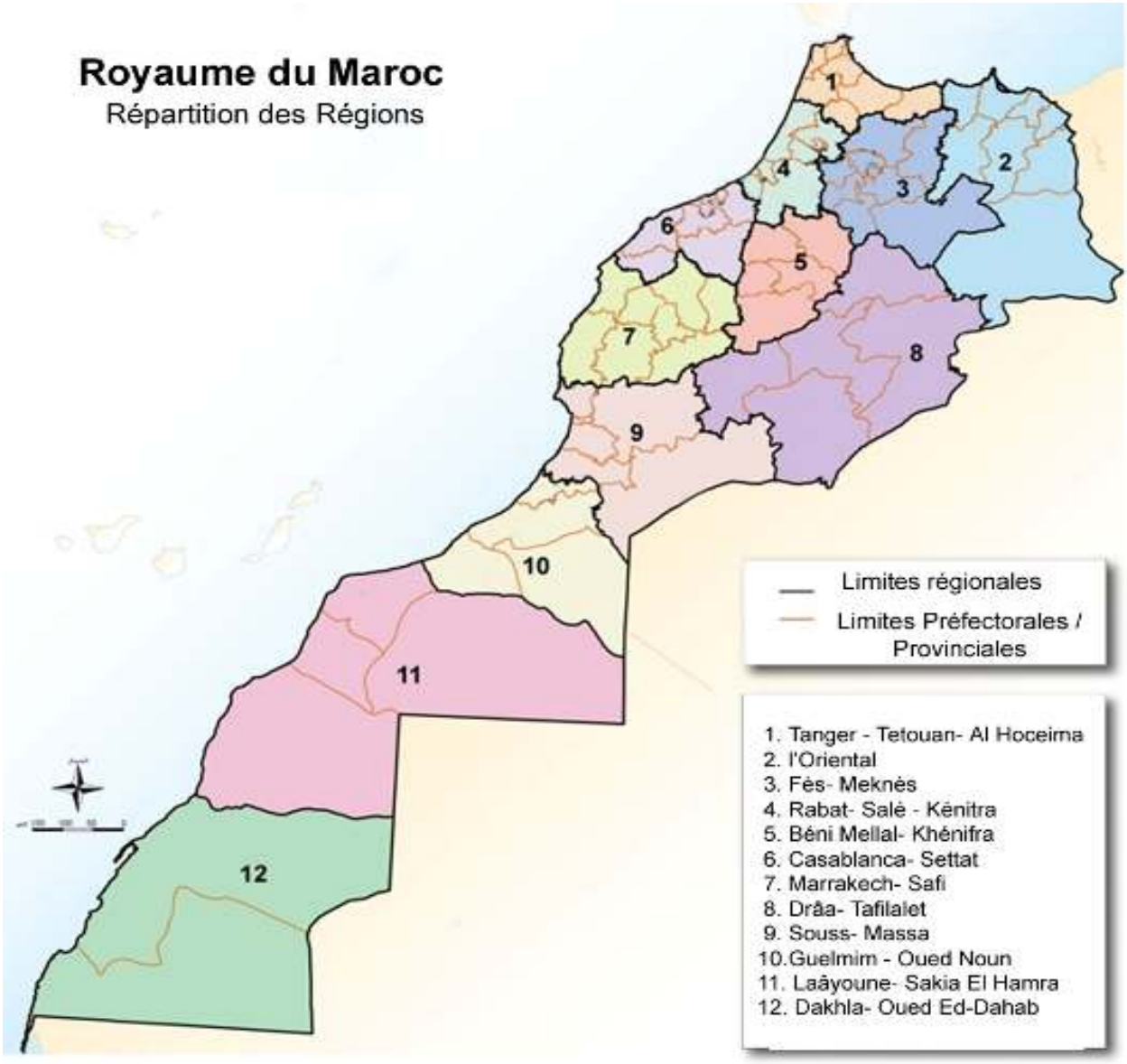


Fig. 2. Répartition des collectivités territoriales selon le nouveau découpage administratif (2015)

3.2 DÉVELOPPEMENT DES COMPÉTENCES HUMAINES

Le renforcement des capacités administratives et le développement des compétences à tous les échelons administratives sont primordiales pour le processus de la décentralisation. En effet, L'amélioration du capital humain englobe toutes les actions et mesures de renforcement de capacité, de formation, de perfectionnement et de valorisation de la performance des ressources humaines qui assurent une responsabilité de direction ou de gestion au niveau territorial, surtout au niveau communal.

Le rôle des personnels des collectivités territoriales et des élus locaux dans le processus de la régionalisation avancée est très important, le développement des compétences humaines en terme quantitative et qualitative, doit être mené à l'échelle régionale dans le but d'améliorer l'articulation entre les actions de renforcement des compétences déployées sur le terrain et les nécessités réelles du développement économique et social. Vu que, la région dispose du recul nécessaire pour identifier les exigences requises en termes de capacités et de savoir-faire, afin de mettre en œuvre les politiques en question.

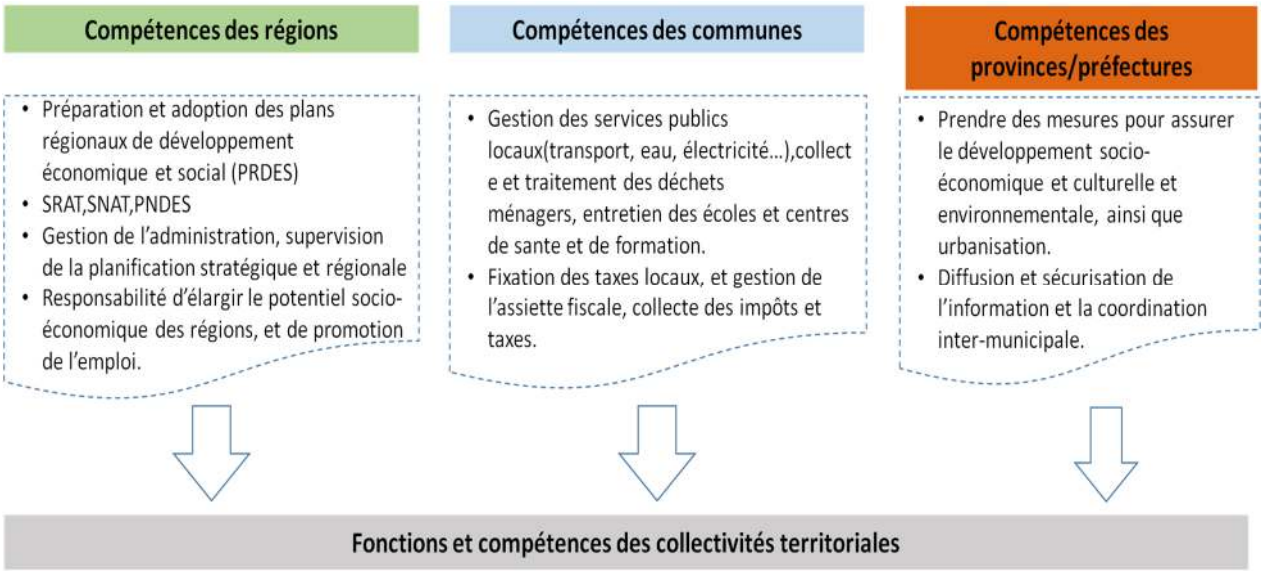


Fig. 3. Fonctions et compétences des collectivités territoriales

4 LE SYSTÈME FISCALE MAROCAIN

Le système fiscal marocain reste largement centralisé, ainsi que l'autonomie fiscale des collectivités territoriales reste limitée (La DGI perçoivent une partie importante des impôts locaux).

Tableau 2. Gestion des taxes par types de collectivité territoriale

Communes	Province/préfecture	Région
- Taxe de séjour, la taxe sur les services communaux, le permis d'exploitation, taxe sur les terrains et sur les opérations de construction, taxe sur les boissons	- Taxes sur les véhicules	- Taxe sur les licences de chasse
- Taxe sur le transport public	- Taxes sur les permis de conduire	- Taxe sur l'exploitation minière.
- Taxe sur l'extraction des carrières et des produits minéraux.	- Taxe sur la vente des produits forestiers.	- Taxe sur les services portuaires.

L'allocation des transferts de la TVA se sont basé sur des critères quantitatifs (effort fiscal, capacité de mobilisation fiscale, partie forfaitaire), et sur la nature de la commune (urbaine ou rurale).

Ces critères diffère selon la nature de la collectivité territoriales (commune, préfecture /province ou région)

Le budget des préfectures et provinces dépend du gouvernement central, il est composé de 95% de transferts de TVA.

Pour les régions, ils ne reçoivent aucun transfert de TVA, par contre, et selon le dahir n 1-07-21 de décembre 2007, les régions perçoivent 1% de l'IS et 1% de L'IR, ces transferts représente 60% des recettes fiscales locales de la région.

Les collectivités territoriales peuvent avoir accès aux prêts de la FEC (Fonds d'équipent communal), selon des critères bien définie :

- Avoir des ressources humaines, matérielles et organisationnelles pour la mise en œuvre du projet,
- Un ratio d'endettement qui ne dépasse pas 40%,
- Générer des excédents futurs capables de couvrir l'ensemble du service de la dette,
- Une contribution minimale de 20% du coût de projet.

A noter que quelques programmes peuvent être financé à 100% par la FEC, tels que :

- Programme d'approvisionnement en eau pour la population rural
- Programme national de construction de routes rurales
- Programme de réhabilitation et d'amélioration des écoles dans les zones rurales et périurbaines.

5 CONCLUSION

La création des régions homogènes et efficientes, vivant en harmonie avec d'autres régions, dans un ensemble national solide, démocratique et solidaire est l'une des contraintes prises lors du découpage administratif.

La question de compétences des élus régionaux est un défis à résoudre, d'où la nécessité d'une formation durable des élus, et des ressources financiers propres, qui sont essentielle pour déterminer la portée de la régionalisation avancée. Les régions doivent être dotées de ressources humaines en termes de qualité et de quantité appropriées pour garantir l'efficience et l'efficacité de leurs actions.

Les politiques doivent être efficaces et axées sur des résultats performantes, au lieu sur la simple exécution des travaux ou tâches. En parallèle, Les collectivités doivent veiller à réduire leurs charges de fonctionnement et à optimiser les moyens publics engages, à travers l'intercommunalité pour plus d'efficacité.

RECOMMANDATION

La mise en place d'un observatoire de la régionalisation qui suivrait les conditions de gestion des nouvelles régions afin d'éclairer les autorités régionales et celles de l'état sur les dysfonctionnements éventuels afin de les aider à y remédier.

PERSPECTIVE

La nécessité de dresser une cartographie des régions pour discerner les défaillances et les inégalités qui freinent le développement des régions. De plus, construire un indicateur synthétique de développement régional dans le but de classer les régions suivant leur niveau de développement.

REFERENCES

[1] Le premier article de la constitution Marocaine de 2011. Page 4.
[Online] Available: http://www.maroc.ma/fr/content/constitution-0 (consulté le 9 septembre 2017).
[2] Régionalisation avancée.
[Online] Available: http://www.regionalisationavancee.ma/PDF/Rapport/EXPERTS_ETRANGERS/EE_USSG_01.pdf (consulté le 9 septembre 2017).
[3] Discours du roi du 3 janvier 2010. [Online] Available: http://www.map.ma/fr/ (consulté le 18 septembre 2017).
[4] Kristina Kausch, Morocco's 'Advanced Status': Model or Muddle?, FRIDE Policy Brief, 43 (2010).
[Online] Available: http://www.fride.org/download/PB43_Morocco_advance_status_ENG_mar10. pdf (consulté le 25 Septembre 2016)
[5] Bouabid, A. , & Iraki, A. (2015). Maroc: Tensions centralisatrices. In M. Harb & S. Atallah (Eds.), Local governments and public goods: Assessing decentralization in the Arab world (pp. 47-90). Beirut: The Lebanese Center for Policy Studies (LCPS).
[6] Dahir du 30 septembre 1976
[7] RRA, Book I, 32 (2011).
[Online] Available: http://www.regionalisationavancee.ma/PDF/Rapport/EXPERTS_ETRANGERS/EE_USSG_01.pdf (consulté le 9 septembre 2017).
[8] Anssi Paasi, (2002) Place and region: regional worlds and words, *Progress in Human Geography*, **26**, 6, (802).
[9] Anssi Paasi, (1986). The Institutionalization of Regions: A Theoretical Framework for Understanding the Emergence of Regions and the Constitution of Regional Identity. Fennia. 164. 105-146. 10. 11143/9052.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1908-1916
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Perspective et choix des méthodes de production d'énergie électrique adaptées à l'équilibre écologique en République Démocratique du Congo : Cas de la Province du Katanga

[Perspectives and Choice of electric power generation methods adapted to ecological balance in the Democratic Republic of Congo : Case of Katanga Province]

NGELEKA MULAMBA Fontaine

Assistant, Ecole Supérieure d'Ingénieurs, Université de Likasi, RD Congo

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

ABSTRACT: The Katanga Province had an electricity shortage that makes it difficult to exploit the region's mineral resources. To counter this situation, the government authorities propose the rehabilitation of existing hydroelectric power stations or the construction of other.
This strategy has the drawback of causing ecological imbalance through the destruction of fauna, flora and the pollution of water and air. The emission of greenhouse gases also becomes inevitable.
Thus, this article aims to draw the Congolese Authorities 'attention to the disadvantages of such a strategy.

KEYWORDS: ecology, Hydraulic power plants, energy deficit, environment, energy.

1 INTRODUCTION

L'évolution technologique du 20ième siècle et 21ième siècle a contribué à la destruction de la nature créant ainsi un déséquilibre écologique. L'évolution technologique étant dynamique, elle implique un besoin croissant d'énergie électrique vecteur principal du développement technico socio-économique. Ainsi l'émergence socio-économique d'un Etat met en cause trois facteurs qui sont l'évolution technologique, l'énergie électrique et l'équilibre écologique.

La relation entre ces trois variables est évidente : l'utilisation de l'énergie électrique dans les activités nécessitant l'emploi de la technologie peut être de nature à rompre l'équilibre écologique comme s'en est le cas avec l'émission des gaz à effet de serre.

En effet, on sait depuis plusieurs décennies que nos modes de vie et nos émissions de gaz à effet de serre ont des conséquences sur le climat. Depuis quelques années, on sait également que les changements climatiques ne peuvent plus être arrêtés mais qu'il est possible de les limiter. Pour cela, il faut que chaque pays du monde s'engage à réduire ses émissions de gaz à effet de serre. Pour se mettre tous d'accord, sur cette réduction, l'Organisation des Nations organise chaque année, depuis 1995, la « conférence des parties (Cop), ((http://fr.m.wikipedia.org).

La conférence des parties (Cop) vise de manière générale à préserver l'écosystème dans sa globalité ; cependant l'émergence de certaines nations du monde et plus spécifiquement en Afrique exige une production de plus en plus grande d'énergie électrique pour répondre aux besoins énergétiques des multinationales venues exploiter les ressources naturelles.

Au regard de ce qui précède, les nations se retrouvent pris au piège d'une part par cette volonté de limiter le réchauffement climatique tributaire des méthodes de production d'énergie électrique et d'autre part, par cette obligation de répondre à la

demande d'énergie électrique de plus en plus croissante. Ainsi la République Démocratique du Congo fait partie des nations écartelées entre le besoin d'énergie électrique et le respect de l'équilibre écologique.

Dans les lignes qui suivent, nous allons nous appesantir sur la perspective et le choix des méthodes de production d'énergie électrique et l'équilibre écologique en République Démocratique du Congo et plus particulièrement dans le Sud de l'ex. Province du Katanga où l'activité industrielle est développée.

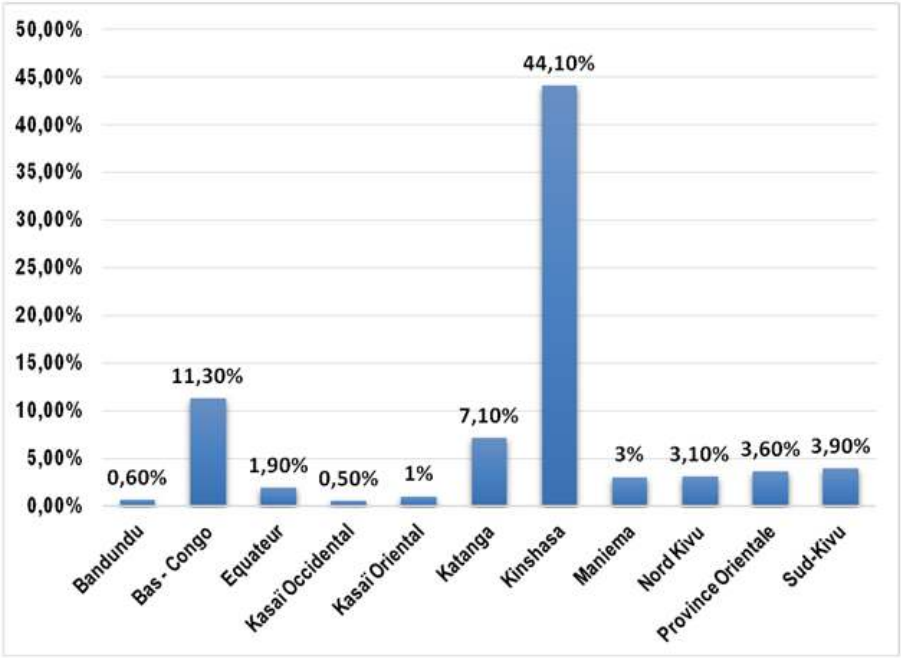
En effet, c'est à partir des années 2000 que la province de l'ex-Katanga avait connu un essor industriel et économique .Au regard de cette situation plusieurs études ont été menées dans le sens où on mettait au centre l'être humain et l'activité minière au fur des années on se rendit compte qu' au-delà des problèmes qui lie la personne à l'environnement minier, il est apparu un problème de plus pertinent qui est celui de l'énergétique qui constitue l'épine dorsale de toute activité industrielle. Plusieurs bureaux d'études et organismes gouvernementales se sont penchés sur la question dégageant des pistes de solutions pragmatiques et prometteuses mettant en évidence le potentiel électrique non seulement de la province mais aussi de la République toute entière. Ainsi, notre attention a été attirée par le fait que ses différentes études ne tiennent pas compte de l'équilibre écologique qui constitue de nos jours une priorité pas de moindre.

Pour mieux expliquer cet objet d'étude, nous l'aborderons comme suit : en première approche nous traiterons de la situation énergétique de la province et du pays de manière générale, ensuite, nous examinerons des mix énergétique et en dernier lieu nous présenterons les impacts environnementaux de diverses méthodes de production et critères des choix.

2 SITUATION ENERGETIQUE DE LA PROVINCE DU KATANGA

D'après une étude menée par l'infrastructure en Afrique, partenariat pour le développement « IPA[1] »/RDC (IPAD,2009) et le ministère des mines, infrastructures de la province du Katanga, il ressort ce qui suit :

2.1 TAUX D'ACCÈS À L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE



En analysant le diagramme en bâton représentant le taux d'accès à l'énergie électrique par province, nous nous rendons compte que la situation est alarmante dans tout le pays et particulièrement dans les provinces où nous retrouvons un taux

[1] IPAD, Infrastructure Partenariat et Développement

d'accès d'environ 7,1% comme dans l'ex province du Katanga. Nous pouvons alors calculer le taux d'accès moyen à l'énergie électrique de la République par :

$$TAME = \frac{\sum Provinces}{Nombre\ des\ provinces} = \frac{0,6 + 11,3 + 1,9 + 0,5 + 1 + 7,1 + 44,1 + 3 + 3,1 + 3,6 + 7,9}{12} = 7,65\%$$

Avec TAME : Taux d'Accès Moyen à l'Energie Electrique

$\sum TA\ \ Provinces$: Sommation de taux d'accès par province.

2.2 CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE (IPAD, 2009)

Sur le plan consommation énergétique nationale il a été relevé les points suivants :

- 94,3% des personnes en République Démocratique du Congo recoure à la biomasse principalement les bois de feu et le charbon de bois ;
- 3,3% des personnes utilisent les produits pétroliers ;
- 2,4% l'électricité dont 96% de la consommation révèle du secteur résidentiel et 4% pour le secteur industriel.

2.3 DÉFICIT ÉNERGÉTIQUE AU KATANGA (MINISTÈRE PROVINCIAL DES INFRASTRUCTURES, 2008)

La notion de déficit énergétique met en général deux aspects en évidence à savoir la fourniture en énergie et la demande en énergie électrique. En se référant à la figure 1 du point traité ci-haut sur le taux d'accès à l'énergie électrique ; nous constatons qu'au Katanga 7,1% des personnes ont accès à l'énergie. Pour être précis et concis, nous nous focaliserons sur le Katanga où l'activité minière et industrielle est intense. Ainsi le déficit énergétique au Katanga est plus axé sur le développement à court, moyen et long terme de l'activité minière dans la dite province. Cependant en se référant aux études de la Société Nationale d'Electricité via un expert « POWER DAY ». Les besoins énergétiques du Sud Katanga sont évalué à 1202 MW alors que l'offre présente est de 528 MW aussi nous pouvons déterminer avec certitude le déficit actuelle qui sera donnée par :

Déf = Besoin énergétique – Energie disponible
= 1202 MW – 528 MW
= 674 MW

Sachant que le réseau Sud Katanga est un réseau interconnecté au réseau Ouest (centrales Inga 1 et 2) à travers la ligne THTcc 500 KV, à partir de la ligne 220 KV Luano – Karavia.

2.4 CAUSES DU DÉFICIT ÉNERGÉTIQUE

Nous avons écrit au point précédent que le déficit énergétique est un résultat d'une inadéquation entre la fourniture d'énergie et la demande de plus en plus croissant. De manière littérale le déficit traduisant une situation de manque met en évidence plusieurs facteurs intrinsèques et extrinsèques qui peuvent tenir compte d'une part des raisons politiques et d'autres part de la situation économique et du facteur humain. Se basant sur la situation du Sud Katanga quelques causes ont été répertoriées et décrites comme suit (Voka Dikanu :2009) :

- Explosion de l'activité minière dans l'ex. province du Katanga due à la libération du secteur minier constaté par un afflux des entreprises telles que CHEMAF, SOMIKA, TFM, MUTANDA, SMCO, SICOMINE, MIKAS, KPM, RUASHI MINING, STL,...).
- Exode rurale et croissance démographique non maîtrisés : le déploiement et le mouvement des populations des zones rurales venues peuplées les zones urbaines, la croissance exponentielle des populations urbaines dont la prise en compte lors de l'élaboration des projets d'électrification n'a pas été prise en compte.
- L'existence des tarifs non rémunérateurs ainsi que les raccordements et la taxation frauduleuse diminuant ainsi les ressources de la SNEL.
- Le changement climatique ayant pour conséquence des étiages sévères du fleuve Congo et ses affluents, la baisse du niveau d'eau des lacs des retenues dans la plupart des centrales du Katanga.
- Vétusté de l'outil de production : au regard des informations que nous possédons, nous pouvons affirmés que la majeure partie des groupes turbines alternateurs que possèdent la plupart de nos centrales sont non disponibles (voir tableau 2).
- Insuffisance de maintenance et planification du développement du réseau électrique.

Tableau 1. Disponibilité des puissances dans les centrales du Sud-Katanga

	Nombre des machines installées	*Nombre des machines en service*	*Puissance installée (MW)*	*Puissance garantie (MW)*	*Pointe production*
Nseke	4	3	260	195	184
Nzilo	4	2	108	81	75
Mwadingusha	6	2	66	11	11
Koni	3	2	42	26	27

Source : tableau dressé à partir des données fournies par la Société Nationale d'Electricité (SNEL)

3 POTENTIEL ENERGETIQUE ET PERSPECTIVE DE MIX ENERGETIQUE AU KATANGA

L'action des opérateurs miniers à provoquer une réaction auprès des gestionnaires du secteur énergétique, c'est ainsi que plusieurs forum ont été organisé pour l'évaluation de potentiel énergétique afin de prévoir de mécanismes d'implantation des structures de production d'énergie électrique devant répondre aux besoins des opérateurs miniers.

3.1 POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE

Etant donné que le réseau Sud du Katanga est un réseau interconnecté avec le réseau Ouest à savoir Inga 1 & 2 , il est nécessaire d'évaluer, pour des raisons de réalisme social le potentiel énergétique dans sa globalité. Ainsi le tableau ci-dessous reprendra toutes les ressources énergétiques ainsi que leurs potentiels exploitables en République Démocratique du Congo.

Tableau 2. Potentiel énergétique de la République Démocratique du Congo (IPAD, 2009)

Ressources énergétiques	*Potentiel exploitable*
Hydrauliques	100.000 MW
Bois	145 millions d'hectares de couvert forestier
Gaz naturel	• Bassin côtier : 10 milliards de m^3 en mer 20 milliards de m^3 en terre • Lac Kivu : 278.000 milliard de m^3
Solaire	Bande d'ensoleillement entre 3500 et 6500 Wh/m^2/jour
Géothermie	A évaluer
Eolien	Peu nanti
Uranium	1.800 tonnes identifies au Katanga
Pétrole	A évaluer dans le bassin côtier, cuvette centrale, Grabens albertines et Tanganyika
Charbon minéral	720 millions de tonnes à Luena et Lukunga, province du Katanga

Il est particulièrement important de retenir que l'ex. province du Katanga est baignée par d'important cours d'eau de l'Ouest à l'Est et du Sud au Nord caractérisé par (Katanga energy, 2009) :

- Des chutes et des rapides ;
- Des débits importants jusqu'à $613m^3$/séc ;
- Des puissances utilisables variant entre 25 MW et 920 MW ;
- Des bassins hydrauliques dont la superficie varie entre $500m^2$ et 244.450 km^2.

3.2 PERSPECTIVES DE MIX ÉNERGÉTIQUE

De nos jours le déficit énergétique dans le réseau Sud Katanga est de 674 MW.(IPAD,2008) En se fiant aux études projetés par les opérateurs miniers et les responsables des organismes et des bureaux d'études chargés de la planification et du développement des réseaux électriques ,ce déficit peut aller jusqu'à atteindre une valeur de 2300 MW à l'horizon 2020 en considérant une croissance de l'activité minière.

La province du Katanga a un grand potentiel hydroélectrique cependant une inquiétude se pose : celle de savoir si en ne considérant que le potentiel hydroélectrique on pourra couvrir le déficit, ainsi en se basant sur les résultats des études menées par IPAD, on dirait que pour un objectif à moyen terme la solution est la combinaison de plusieurs modes de production d'énergie électrique et de gestion rationnelle d'énergie.

La combinaison des différents modes de production d'énergie donne lieu à ce qu'on appelle le « Mix énergétique » qui, spécialement pour l'ex. Province du Katanga où l'activité minière est le facteur prépondérant dans l'établissement du modèle prévisionnel du réseau Sud Katanga.

Au regard à ce qui précède le mix énergétique en perspective d'accroissement de l'offre consistera en un réaménagement ou de la remise à certaines centrales hydroélectrique existantes ; La construction des nouvelles centrales sur des sites existants (Nzilo 2, ZONGO 2, Inga 3, basse chute) et l'implantation des nouvelles centrales thermiques, des parcs photo voltaïques, une centrale à gaz ainsi que la centrale à charbon à Luena. Pour parvenir à répondre aux besoins énergétiques à l'horizon 2020 ; la Société Nationale d'Electricité ainsi que le partenariat public et privé sont arrivés aux conclusions suivantes :

- La gestion rationnelle d'énergie par la Société Nationale d'Electricité peut permettre d'économiser jusqu'à 60 MW ;
- Les patrimoines privés et publics tel que : Congo Energy pour la centrale hydroélectrique de Nzilo 2 pour une puissance estimée à 120 MW ;
- La centrale à charbon de Luena 2 x 250 (MW) qui sera financé par CTL/EVAGOR ;
- Une centrale diésel et solaire d'une puissance évaluée à 100 MW qui sera construite par Katanga Energy ;
- La centrale hydroélectrique de Busanga d'une puissance de 240 MW qui sera construite par SICOMINES ;
- La centrale hydroélectrique de Luapula d'une puissance de 868 MW construite par la République Démocratique du Congo, la Zambie et le soutien du partenariat public et privé ;
- La centrale à gaz de Muanda pour une puissance de 300 MW ;
- La centrale hydroélectrique de Inga 3 – Basse chute de 4800 MW qui sera construite par la République Démocratique du Congo et le partenariat privé public ;
- La centrale hydroélectrique de Zongo 2 dont la puissance produite sera de 150 MW construite par la SNEL.

Au regard des prévisions énergétiques indispensable pour résoudre à moyen terme le déficit énergétique les gestionnaires ont recourus au mix énergétique mettant en commun plusieurs modes de production que nous essayerons d'analyser.

3.3 ANALYSE DES MODES DE PRODUCTION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE (KITOKO, 2007)

De manière générale un système électro énergétique à trois missions principales qui sont :

- L'utilisation des machines synchrones dans la production d'énergie électrique ;
- Le fonctionnement sous une tension constante ;
- La mission de fournir de l'énergie de manière continue.

Ainsi l'utilisation des machines synchrones dans la production d'énergie électrique exige une machine ou énergie motrice pouvant entraînée la machine synchrone qui de manière générale est une machine réceptrice. Il existe une gamme variété des machines motrices dont l'usage et l'application dépend de l'énergie primaire que l'on dispose ; se basant sur ce dernier nous pouvons cités les centrales électriques suivantes :

- Les centrales hydroélectriques ;
- Les centrales thermiques ;
- Les centrales nucléaires ;
- Les centrales à bisyaz ;
- Les centrales éoliennes ;
- Les centrales solaires ;
- Les centrales hybrides.

En tenant compte des énergies utilisées pour l'obtention de la motricité nécessaire à l'entrainement des machines synchrones nous pouvons classés ces modes de production en deux grandes catégories suivantes (différents modes de production d'électricité, wwwcpcp.be>pdf>prod-electricite, consulté le 24 Avril 2017) :

- Les modes de production traditionnelle d'énergie ;
- Les énergies nouvelles et renouvelables.

Dans le mode de production traditionnel nous retrouvons les centrales thermiques (à gaz, à vapeur, diésel), nucléaires et les centrales hydroélectriques avec une gamme variée des turbines (framis, pelton, kaplan). Dans la catégorie des énergies nouvelles et renouvelables nous avons les éoliennes, les photovoltaïques, les biogaz).

En analysant les modes de production d'énergie électrique de manière détaillée nous sommes ramenées à faire une étude sommaire de fonctionnement des différentes centrales entrant en jeux pour la production d'énergie. Ainsi dans les lignes qui suivent nous exposerons de manière sommaire les principes de fonctionnement des différentes centrales hydroélectrique, thermiques, nucléaires, photovoltaïques, éoliennes, et solaire mettant en évidence les énergies primaires fondamentales nécessaires à la production.

Les centrales hydroélectriques convertissent l'énergie cinétique de l'eau en mouvement en énergie provenant de chute d'une masse d'eau et tout d'abord transformée dans une turbine hydraulique en énergie mécanique. Cette turbine entraîne une alternance dans lequel l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique, Sur ce, les différents types de centrales hydroélectriques sont classées suivant la hauteur de chute. Sur cette base, on distingue :

- Les centrales de haute chute ;
- Les centrales de moyenne chute ;
- Les centrales de basse chute.

Les centrales de moyenne chute ont des hauteurs comprises entre 30 m et 300 m, elles utilisent des turbines Francis. Elles sont alimentées par l'eau retenue dans les barrages construit dans les lits d'une rivière. Les centrales de basse chute ou centrale au lit de l'eau ont des hauteurs de chute inférieur à 30 m, elles utilisent des turbines Kaplan ou Francis. Ces centrales sont établies sur des fleuves ou les rivières à fort délit.

Les centrales thermiques produisent de l'électricité à partir de la chaleur qui se dégage de la combustion du charbon, du mazout ou du gaz naturel, la plupart ont une capacité comprise entre 200 MW et 20000 MW afin de réaliser les économiques d'une grosse installation. On retrouve généralement des centrales thermiques près d'une rivière ou d'un lac afin d'avoir en permanence d'énorme quantité d'eau nécessaire au refroidissement. Une centrale thermique produit de l'énergie en brûlant un combustible (charbon, gaz, fioul) ; la vapeur ou le gaz produit actionne une turbine qui entraîne un alternateur.

Les centrales nucléaires produisent l'électricité à partir de la chaleur libérée par une réaction nucléaire. Ce phénomène est provoqué par la division du noyau d'un atome, fordédé qu'on appelle fusion nucléaire. Il est à noter qu'une centrale thermique est identique à une centrale nucléaire à la différence que la chaudière brûlant le combustible fossile est remplacée par un réacteur contenant le combustible nucléaire en fission ; A l'intérieur du réacteur, l'uranium 235 est le siège d'une réaction nucléaire qui produit une grande quantité de chaleur. Cette chaleur est continuellement évacuée hors du réacteur vers un échangeur de chaleur, grâce à un fluide dit « caloporteur ».

L'échangeur transfère la chaleur qui lui vient du réacteur, eau vapeur analogue à celui d'une centrale thermique classique. LA vapeur produite sous forte pression entraîne un groupe turbo-alternateur qui se condense dans un condenseur et elle est ensuite réinjectée dans l'échangeur.

Quant aux énergies renouvelables les plus répandues de nos jours, à travers le monde c'est le voltaïque, l'éolien et les biomasses. Cependant pour des raisons de fiabilités et de disponibilité d'énergie primaire on retrouve de plus en plus l'éolien et le solaire. Dans une éolienne l'énergie que l'on peut extraire du vent est transformé en électricité par l'intermédiaire d'une turbine éolienne ; grâce à la masse et à la vitesse de l'air en mouvement le vent possède une énergie cinétique dans son déplacement, le ralentissement de cette masse d'air par une turbine éolienne permet de capter l'énergie mécanique et de transformer cette énergie en énergie électrique par la génératrice couplée à l'aide de l'arbre à la turbine.

Dans les centrales photovoltaïques l'énergie primaire est le rayonnement solaire. Dans ces genres des centrales, l'énergie thermique solaire permet de produire de l'énergie électrique par voie thermique n'est pas directe mais passe par l'intermédiaire des centrales thermiques. Cependant l'énergie solaire photovoltaïque ou la conversion de la lumière du rayonnement en énergie électrique est directe par le biais des cellules ou photopiles.

Cette conversion appelée effet photovoltaïque a été découverte en 1839 par Antoine BECQUEREL et est utilisée dans les cellules en énergie électrique par le biais de la production et du transport des charges électrique sous l'effet de la lumière dans un matériau semi-conducteur. L'énergie photovoltaïque désigne l'électricité produit par transformation d'une partie du rayonnement solaire avec une cellule photovoltaïque.

Les cellules photovoltaïques sont associées en série pour augmenter la tension et en parallèle pour accroître l'intensité du courant continu débité. Cet ensemble entre médians, une enveloppe rigide dont la surface supérieure est transparente et résistant aux intempéries est appelée « panneau solaire » ou module photovoltaïque.

Les centrales à biogaz quant à elles utilisent du gaz obtenu par la fermentation des matières organiques animales ou végétales en l'absence d'oxygène. Cette fermentation appelée aussi méthanisation se produit naturellement ou spontanément dans les décharges contenant les déchets organiques, mais on peut aussi la provoquer artificiellement dans des digesteurs. Le

biogaz est un mélange composé essentiellement de méthane (typiquement 50 à 70%) et de dioxyde de carbone (CO_2) avec des quantités variables de vapeur d'eau et de sulfure d'hydrogène (H_2S). On peut trouver d'autres composés provenant de contamination, en particulier dans le biogaz de décharges. Le gaz ainsi obtenu peut être utilisé pour entraîner un groupe turbo-alternateur pour la production d'énergie électrique.

Cependant la production d'électricité peut se faire seule ou en cogénération en utilisant une chaudière au biogaz, suivie d'une turbine à vapeur ; une autre voie consiste à utiliser des moteurs à gaz, plus coûter et exigeant au moins 35% de méthane dans le biogaz, ce qui implique de le traiter. Le traitement comporte un séchage suivi d'un traitement d'élimination des siloscanes (composés organo-volatiles, qui forment des oxydes de silice lors de la combustion pour des moteurs ou, une élimination complète des siloscanes pour les turbines à gaz (T.A.G).

4 IMPACT ENVIRONNEMENTAUX DES METHODES DE PRODUCTION D'ENERGIE (DÉVELOPPEMENT DURABLE ET IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX STOCKAGE ...

La production d'énergie électrique est une démarche laborieuse mettant en jeu plusieurs facteurs (moyens matériels, financières et humain) exigent des études préalables avant l'implantation de la structure électro énergétique. Bien que la mise en place d'une structure électro énergétique puisse présenter beaucoup d'avantage, il sied de rappeler que les conséquences peuvent être aussi désastreuses que bénéfiques sur l'écosystème.

Ainsi dans les lignes qui suivent nous montrerons les conséquences sur l'environnement lors de l'implantation des différentes centrales électriques dans la province du Katanga en nous basant sur les perspectives d'implantation des mix énergétiques projeter à l'horizon 2020 en se basant sur le critère d'augmentation de l'offre.

4.1 ANALYSE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DES DIFFÉRENTES CENTRALES ÉLECTRIQUES (MINISTÈRE DES INFRASTRUCTURES PROVINCIALES DU KATANGA, 2009)

Dans la perspective d'implanter des nouveaux systèmes électro énergétiques certaines centrales hydroélectriques pourront voir le jour à savoir la centrale de Luapula pouvant produire entre 868 et 1400 MW pour un montant d'environ 3 millions de dollars ; La centrale de Nzilo 2 pour une puissance de 120 MW.

Cependant la mise en place d'une centrale hydroélectrique implique des études d'aménagement et des constructions des barrages qui sont des grands travaux de génie civils ayant de conséquences sur l'écosystème. Il est du restent évident que la République Démocratique du Congo est un pays en voie de développement et que le site (hydrologiquement) possédant un potentiel hydroélectrique est le plus souvent des zones rurales habitées par des populations.

Les constructions des futurs barrages sur la Luapula Nzilo II, Busanga pourra induire certaines conséquences. Ainsi exploiter l'énergie potentielle des cours d'eau n'est pas sans impact sur l'environnement ceux-ci varient avec le type et la taille de la structure ; ils sont faibles s'il s'agit d'exploiter les chutes d'eau naturelle mais ils deviennent très importants s'il s'agit des barrages et des retenues d'eau artificielles comme c'est le cas avec plusieurs barrages dans notre pays.

La construction et l'exploitation de ces ouvrages peuvent avoir des impacts indésirables sur le milieu physique, la faune et la flore et les populations humaines. La mise en eau des barrages induit très souvent des déplacements de la population et la disparition de zones agricoles. Hormis le déplacement des populations les barrages peuvent altérer le processus hydrologique et géomorphologique.

L'altération des processus chimiques biologiques et physiques peuvent avoir des effets positifs ou négatifs sur la qualité de l'eau, les espèces aquatiques, la faune terrestre, la flore ainsi que sur l'architecture du paysage.

L'activité bactériologique dans l'eau des barrages surtout en régions tropicales tel est le cas au Katanga relâcherait d'importantes quantités de méthane.

La République Démocratique du Congo possède une réserve importante d'uranium évalué à 1.800 tonnes identifiée à Chikolowe dans la Haut-Katanga. La présence de cette réserve laisse entrevoir dans un avenir proche une possibilité d'installer des centrales nucléaires certes il sied de rappeler que l'exploitation de cette dernière à Chikolowe a fait plus d'une victime par manque des dispositions sécuritaires et sans pour autant énumérer les conséquences environnementales sur la végétation qui tend à disparaître.

Ainsi l'implantation d'une centrale nucléaire aura pour impact l'émulsion des rejets radioactifs provenant des circuits d'épuration et de filtration de la centrale qui collectent une partie des éléments radioactifs engendrés par le fonctionnement (BULANDA, 2012).

Les 720 millions de tonnes de charbon de Luena et de Lukunga ont permis d'entrevoir l'implantation d'une centrale à charbon à Luena dans la perspective de mix énergétique. Il est cependant des inquiétudes sur les impacts socio – environnementaux sont au centre des préoccupations dans la mesure où depuis des siècles, l'exploitation de ce dernier dans les pays occidentaux à créer des plusieurs différends entre employeur et employé militant ainsi à la création des syndicats.

L'exploitation du charbon est cause des maladies professionnels (silicose, cancer du poumon) et il est utilisé comme combustible dans une centrale d'où la conséquence direct est la production des cendres volent qui généralement contaminent les sols, les eaux de surface, les nappes phréatiques et l'atmosphère par des polluants chimiques. Les effets néfastes des centrales à charbon auront des impacts négatifs sur les populations de Luena qui a majeure partie vivent de l'élevage, des travaux champêtres et sert des cours d'eau pour les besoins en eau. Il est à noter que les cendres volant polluent l'atmosphère ce qui constitue un handicap très sérieux dans le processus d'élimination des gaz à effet de serre pour la préservation de la couche d'ozone et pourra contredire les engagements de la République Démocratique du Congo à la conférence des parties.

Katanga Energy dans le cadre des partenariats privés et public prévoir la construction des centrales diésels solaire pour une jouissance évaluée à 100 MW dans certains cours de la province du Katanga pour prévenir la demande à l'horizon 2020.

Les centrales diésels sont généralement classés dans la catégorie des centrales thermiques dont les conséquences environnementales sont les émissions de poussières et des gaz nocifs polluant directement l'air ; dans un second temps les poussières et la plupart de ces gaz nocifs rejetés dans l'atmosphère retombent au sol avec les précipitations atmosphériques (pluie, neige) ou sous-forme des particules sèches ce qui provoque la pollution des eaux et des sols et nuit à la faune et à la flore. Selon le combustible utilisé et le mode de combustion les gaz de combustion émis contiennent différentes quantités de polluants principaux responsables de l'effet de serre qui sont : le dioxyde de carbone (CO_2) ; le méthane (CH4), les chlorofluorocarbures (CFC) et l'oxyde de diazote (N_2O).

Certains projets aux niveaux de la Société Nationale d'Electricité et du Ministère de l'énergie sont orientés dans le sens d'exploiter les énergies renouvelables parmi lesquels nous avons les photovoltaïques avec Katanga Energy. Certes la pollution n'est pas un facteur gênant mais la mise en place d'un parc photovoltaïque exige un grand espace d'où la mise en cause de l'architecture du paysage.

5 CONCLUSION

La libéralisation du secteur des mines à partir de l'an 2000 a eu pour conséquence majeur d'attirer bien d'opérateurs économiques vers l'exploitation des richesses et ressources naturelles du pays, concentrées principalement dans la province du Katanga, située au Sud de la République Démocratique du Congo. Au même moment, la province minière du Katanga fait face à un énorme déficit énergétique qui ne peut en aucun cas rendre aisé la mise en valeur des ressources minérales de la République. Pour parer à la carence d'énergie électrique, les gestionnaires du secteur de l'énergie suggèrent- au travers de quelques études- la réhabilitation des unités de production de l'énergie existantes ou la construction d'autres.

Toutefois, l'implantation des centrales hydrauliques telle que proposée par les autorités nationales est de nature à provoquer un déséquilibre écologique, par la destruction de la faune et de la flore ainsi que la pollution de l'eau et de l'air. Bien plus, l'émission de gaz à effet de serre risque d'être au rendez-vous.

La République Démocratique du Congo, partie prenante à la COP 21 a intérêt à se tourner vers les énergies qui soient en harmonie avec l'environnement, qui migrent vers une croissance à plus faible intensité de carbone, des énergies non fossiles.

Cette réflexion a le mérite d'attirer l'attention des autorités congolaises sur cet état de chose.

REFERENCES

[1] Agence Congolaise de Presse, Déficit énergétique de la province du Katanga, Katanga(RDC), 2014
[2] Anonyme, « Courant nerf de la guerre », pdf en ligne, www.africaintel.licence.fr consulté le 22 mars 2018
[3] Kitoko, M., notes de cours de Centrales et réseaux électriques, Faculté Polytechniques, Département de Génie électrique, Université de Kinshasa, 2008-2009
[4] Mining Review Africa, « Alimentation énergétique des mines »,pdf en ligne,www.miningreview.com consulté le 26 mars 2018
[5] Ministère provincial des Infrastructures, Rapport sur la situation énergétique au Katanga, document de travail, inédit, 2008
[6] VIKA, D., « Perspectives énergétiques en République Démocratique du Congo » in IPAD, Plan Africain de développement, Addis Ababa, 2009.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1917-1922
© 2018 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Détermination de la bande de fréquence d'étude d'un matériau à base de kénaf à partir de l'évolution de la température et de la densité de flux de chaleur en fonction de la fréquence d'excitation

[Determination of the study frequency band of a kenaf material from the evolution of the temperature and the heat flux density as a function of the excitation frequency]

Ould Mohamed BAH[1], Mamadou Babacar NDIAYE[1], Youssou TRAORE[2], Seydou FAYE[2], Issa DIAGNE[2], Moussa GOMINA[3], and Grégoire SISSOKO[2]

[1]Institut Universitaire de Technologie, Université de Thiès, Senegal

[2]Laboratoire des Semi-conducteurs et d'Energie Solaire, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Senegal

[3]Laboratoire CRISMAT UMR 6508 ENSICAEN, CNRS ENSICAEN, 6 Bd Maréchal Juin, 14050, Caen Cedex 4, France

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

ABSTRACT: In this paper, we propose a method for determining the frequency band of study of a kenaf-based material in frequency modulation. The impacts of depth and heat exchange coefficients at the front and rear faces, are highlighted in the dynamic frequency regime.

KEYWORDS: kenaf, Frequency band, heat exchange coefficient.

RESUME: Dans cet article, nous proposons une méthode de détermination de la bande de fréquence d'étude d'un matériau à base de kénaf en modulation de fréquence. Les impacts de la profondeur et des coefficients d'échange thermique en faces avant et arrière, sont mis en exergue en régime dynamique fréquentiel.

MOTS-CLEFS: kénaf, Bande de fréquence, coefficient d'échange thermique.

1 INTRODUCTION

La réduction de la consommation énergétique dans les bâtiments est un enjeu majeur. En effet, les matériaux de construction des habitats dans les pays tropicaux posent un problème d'efficacité d'énergie. Aussi leur isolation thermique permettra non seulement la réduction de la facture énergétique mais contribuera aussi à l'amélioration du confort thermique et acoustique. Plusieurs matériaux sont proposés dans le domaine de l'isolation thermique, ces matériaux peuvent être d'origine synthétiques (polystyrène, polyuréthanne… etc) [**1,2**]ou naturels (végétal, animal, minéral)[**3,4**]. Des méthodes de caractérisation des matériaux locaux d'origine végétale sont proposées en modulation de fréquence[**5-7**] ou en dynamique transitoire[**8,9**].

Les isolants synthétiques sont les plus utilisés du fait de leurs performances mais posent des problèmes environnementaux **[10]**.

Corresponding Author: Grégoire SISSOKO

Les besoins en protection de l'environnement et efficacité énergétique des bâtiments, tout en assurant un confort thermique optimal, orientent la recherche de solutions **[11].** Pour relever ce défi, l'utilisation des matériaux locaux biodégradables pour l'isolation thermique représente un moyen efficace et rentable.

Dans ce travail, nous allons utiliser le Kénaf, de son nom scientifique, Hibiscus Cannabinus, qui est une plante de la famille des Malvaceae **[11,12]**.

Nous proposons une méthode de détermination de la bande de fréquence d'étude d'un matériau naturel, le Kénaf en modulation de fréquence. L'influence de la profondeur et des coefficients d'échange thermique sur les interfaces du panneau de Kénaf sont proposés.

2 ETUDE THEORIQUE

Le dispositif est un matériau constitué de kénaf (figure 1), ce dernier est sous forme de panneau:

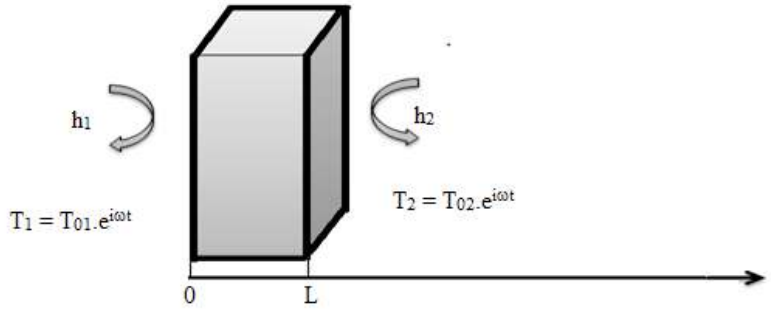


Fig. 1. Modèle d'étude composé de Kénaf soumis à des sollicitations climatiques extérieures.

L= 0,05m, T_{01} = 35°C, T_{02} = 20°C et T_0 = 25°C

Où :

h_1 est le coefficient d'échange thermique à la face avant ($W.m^{-2}.K^{-1}$)

h_2 est le coefficient d'échange thermique à la face arrière ($W.m^{-2}.K^{-1}$)

T_1 est la température du milieu extérieur (°C)

T_2 est la température du milieu intérieur (°C)

T_{01} est l'amplitude maximale de la température du milieu extérieur (°C)

T_{02} l'amplitude maximale de la température du milieu intérieur (°C)

ω est la pulsation excitatrice (rad/s)

t represente le temps (s)

2.1 EXPRESSION DE LA TEMPERATURE

Lorsque le matériau est excité par sa face externe, il y'a alors un phénomène de diffusion thermique à travers le matériau, régit par l'équation de la chaleur **[13]** suivante:

$$\lambda.\frac{\partial^2 T(x,h1,h2,\omega,t)}{\partial x^2} + P_p = \rho.c.\frac{\partial T((x,h1,h2,\omega,t)}{\partial t} \quad (1)$$

Avec :

λ ($W.m^{-1}.K^{-1}$) est la conductivité thermique du matériau

c ($J.Kg^{-1}.K^{-1}$) est la chaleur spécifique du matériau

Pp ($W.m^{-3}$) est le puits de chaleur

ρ (Kg. m^{-3}) est la masse volumique du matériau

x (m) est l'abscisse de la profondeur, suivant un axe orienté dans une direction perpendiculaire au plan du matériau.

T (°C) est la température dans le matériau

En l'absence de source de chaleur interne, on a Pp = 0, l'équation de la chaleur devient alors :

$$\frac{\partial^2 T(x,h1,h2,\omega,t)}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha}.\frac{\partial T(x,h1,h2,\omega,t)}{\partial t} \text{ (2)}$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho.c} \text{ (3)}$$

α est le coefficient de diffusivité thermique du matériau ($m^2.s^{-1}$)

$T(x,h1,h2,\omega,t)$ est la température (°C) à la profondeur x dans le panneau de kénaf

Le système d'étude est soumis aux conditions aux limites suivantes :

i) à la face avant du panneau(x=0 m) :

$$-\lambda.\frac{\partial T(x,h1,h2,\omega,t)}{\partial x}\Big|_{x=0} = h1[T_{a1} - T(0,h1,h2,\omega,t)] \text{ (4)}$$

ii) à la face arrière du panneau (x=L)

$$-\lambda.\frac{\partial T(x,h1,h2,\omega,t)}{\partial x}\Big|_{x=L} = h2[T(L,h1,h2,\omega,t) - T_{a2}] \text{ (5)}$$

iii) La condition initiale en temperature s'écrit :

$$T(x,h1,h2,\omega,0) = Ti \text{ (6)}$$

Pour introduire la température initiale, nous posons le changement de variable :

$$\widetilde{T}(x,h_1,h_2,\omega,t) = T(x,h_1,h_2,\omega,t) - T_i \text{ (7)}$$

Ainsi l'équation de chaleur et les conditions aux frontières du panneau deviennent :

$$\frac{\partial^2 \tilde{T}(x,h1,h2,\omega,t)}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha}.\frac{\partial \tilde{T}(x,h1,h2,\omega,t)}{\partial t} \text{ (8)}$$

iv) à la face avant (x=0 m) :

$$\lambda.\frac{\partial \tilde{T}(x,h1,h2,\omega,t)}{\partial x}\Big|_{x=0} = h1[\tilde{T}(0,h1,h2,\omega,t) + T_i - T_{a1}] \text{ (9)}$$

v) à la face arrière (x=L)

$$-\lambda.\frac{\partial \tilde{T}(x,h1,h2,\omega,t)}{\partial x}\Big|_{x=L} = h1[\tilde{T}(L,h1,h2,\omega,t) + T_i - T_{a2}] \text{ (10)}$$

vi) Condition initiale en temperature :

$$\tilde{T}(x,h1,h2,\omega,0) = 0 \text{ (11)}$$

La solution générale de l'équation (8) est donnée par l'expression:

$$\tilde{T}(x,h1,h2,\omega,t) = (A(h1,h2,\omega,t).\sinh(\beta(\omega).x) + B(h1,h2,\omega,t).\cosh(\beta(\omega).x)).\exp(i\omega t) \text{ (12)}$$

Les composantes A(h1,h2, ω,t) et B(h1,h2, ω,t) sont obtenus à partir des conditions aux limites (9) et (10).

2.2 EXPRESSION DE LA DENSITE DE FLUX DE CHALEUR

J. Fourrier a proposé une relation, selon laquelle la densité de flux est proportionnelle au gradient de la température [**13**] :

$$\vec{\phi}(x,h1,h2,\omega,t) = -\lambda.\overrightarrow{grad}T(x,h1,h2,\omega,t) \text{ (13)}$$

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 PROFIL DE LA TEMPERATURE ET DE LA DENSITE DE FLUX DE CHALEUR EN FONCTION DU LOGARITHME DECIMAL DE LA PULSATION

La transmission de chaleur dans le matériau dépend de la fréquence d'excitation, de l'épaisseur et des coefficients d'échange thermique.

3.1.1 INFLUENCE DE LA PROFONDEUR

La figure 2 présente l'évolution de la température et de la densité de flux de chaleur en fonction du logarithme décimal de la pulsation excitatrice sous l'influence de la profondeur dans le panneau de kénaf.

Nous notons une faible variation de la température et de la densité de flux de chaleur en fonction du logarithme décimal de la fréquence d'excitation pour des pulsations inférieur à 10^{-4}rad/s. Dans cette zone la température est maximale et avoisine celle du milieu extérieur donnant ainsi une faible valeur de la quantité de chaleur par unité de surface. Cette zone correspondant à une longue période d'excitation, le kénaf n'a pas le temps de se relaxer. Ainsi, il a un comportement de conducteur thermique **[14]**.

Au-delà de cette fréquence, la température diminue et tend vers celle du matériau à l'état initial. Ceci favorise le réchauffement de ce dernier traduisant le stockage d'une importante quantité de chaleur. Celle-ci est plus accentuée à la surface mais diminue lorsqu'on est en profondeur.

Par conséquent, les fréquences les plus favorables au stockage de chaleur sont comprises entre 10^{-4}rad/s et 10^{-2}rad/s et sont appelés la bande de fréquence d'étude.

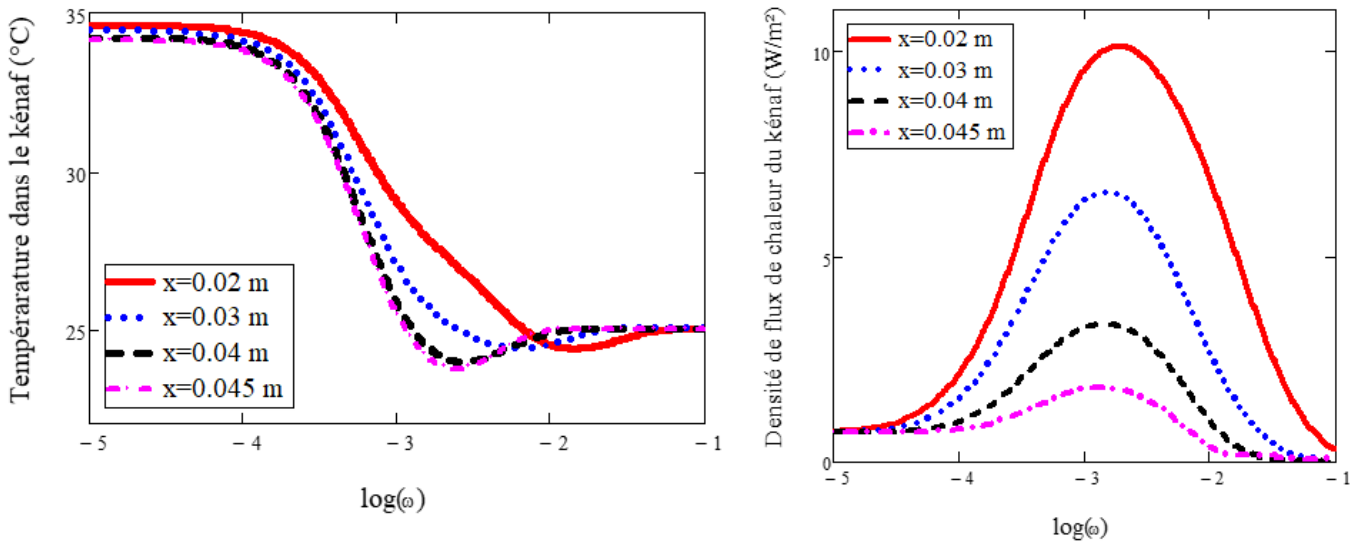


Fig. 2. Température et densité de flux de chaleur en fonction logarithme décimal de la pulsation sous l'influence de la profondeur.(h_1 =100W.m^{-2} .K^{-1} ; h_2 =0,05W.m^{-2} .K^{-1})

3.2 INFLUENCE DES COEFFICIENTS D'ECHANGE THERMIQUE A LA FACE AVANT ET A LA FACE ARRIERE

Les phénomènes d'échange de chaleur entre l'interface d'un solide et un fluide sont définis par les coefficients d'échange thermique à la face avant et à la face arrière.

Les figures 3 et 4 donnent les profils de la température et de la densité de flux de chaleur en fonction de logarithme décimal de la pulsation excitatrice sous l'influence du coefficient d'échange thermique en face avant h_1 et du coefficient d'échange thermique en face arrière h_2.

L'évolution de la température et de la densité de flux de chaleur en fonction de la frequence, présente les mêmes allures.

La température est maximale et proche de celle du milieu extérieur pour les faibles pulsations excitatrices correspondant à de longues périodes de sollicitation. A ces pulsations, la température est d'autant plus importante que le coefficient h1 à une grande valeur.

Pour les pulsations d'excitation comprises entre 10^{-4} rad/s et 10^{-2} rad/s, la température diminue considérablement en fonction de la fréquence. Cependant, la densité de flux augmente jusqu'à un maximum puis diminue. Elle est d'autant plus importante que le coefficient d'échange thermique est élevé. Pour les hautes fréquences supérieures à 10^{-2} rad/s, la densité de flux est pratiquement nul car, la température du matériau se stabilise.

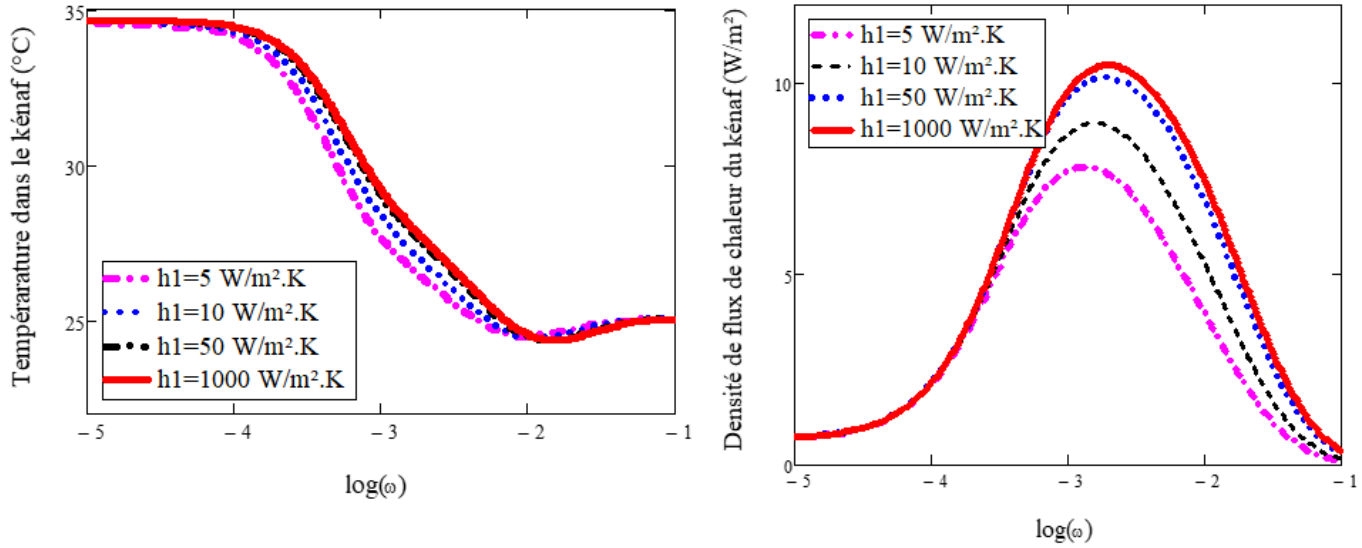


Fig. 3. Température et densité de flux de chaleur en fonction de la pulsation excitatrice sous influence du coefficient d'échange en face avant h1.(x = 0,03m ; h2 = 0,05W.m^{-2} .K^{-1})

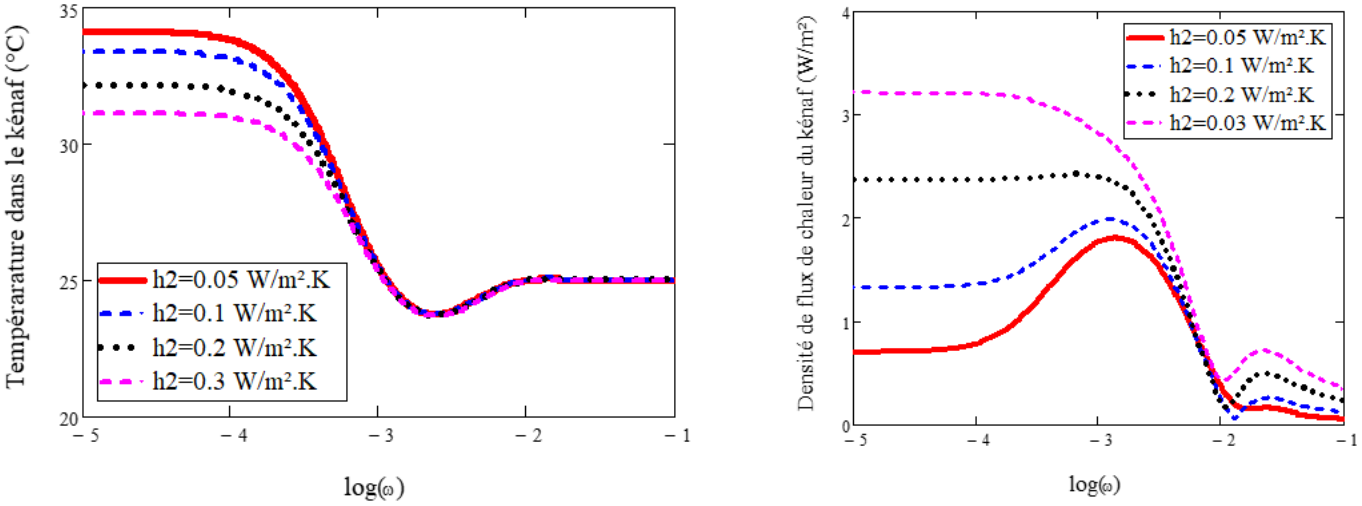


Fig. 4. Température et la densité de flux de chaleur en fonction logarithme décimal de la pulsation excitatrice sous influence du coefficient d'échange en face arrière h2.(x=0,045m, h1 =0,05W.m^{-2} .K^{-1})

4 CONCLUSION

La quantité de chaleur transmise dans le panneau de kénaf dépend de la fréquence d'excitation. La quantité de chaleur emmagasinée ou transmise est fonction de son épaisseur, les coefficients d'échange thermique en faces avant et arrière. Les fréquences favorables à l'emmagasinement d'énergie sont définies et comprises entre 10^{-4} rad/s et 10^{-2} rad/s.

REFERENCES

[1] M. F. Couturier, K. George, and M. H. Schneider, (1996), « Thermophysical properties of wood-polymer composites », Wood Science and Technology, vol. 30, pp. 179-196.

[2] Martin Rides, Junko Morikawa, Lars Halldahl, Bruno Hay, Hubert Lobo, Angela Dawson, and Crispin Allen, (2009) « Intercomparison of thermal conductivity and thermal diffusivity methods for plastics », Polymer Testing, vol. 28, pp.480-489.

[3] I. Diagne, M. Dieng, M.L. Sow, A. Wereme, F. Niang, G.Sissoko, (2010) « Estimation de la couche d'isolation thermique efficace d'un materiau kapok-platre en regime dynamique frequentiel » Cifem2014 , Edition Université de Rennes 1, Pp.53-66

[4] A.Wereme, S.Tamba, M.Sarr, A. Diene, F. Niang, G. Sissoko, (2010) «Caracterisation des isolants thermique locaux de types sciure de bois et kapok : messure de coefficient global d'echange thermique et de la conductivite thermique » Journal Des Sciences, Vol. 10, N°4 Pp39-46 (http://www.cadjds.org)

[5] Y. Traore, E.B. Diaw, I. Diagne, M.B. Ndiaye, S. Tamba, B. Fleur, M. Dieng, A.K. Diallo and G. Sissoko, (, 2016) « Characterization Phenomena of Thermal Transfer Through an Insulating Material Kapok-plaster Starting from Dynamic Impedance Method", Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, Vol. 7, pages 712-715.

[6] D. Diao, A. Diene, M. L. Lo, M. S. O. Brahim, Y. Traore, A. K. Diallo, I. Diagne, H. L. Diallo, M. Boukar and G. Sissoko, (2016) « Study of Thermal Exchange Phenomena in Surface of Thermal Insulation Kapok-Plaster », International Application of Science Technology, Vol. 33 N°1, pages 18-25.

[7] M.S Ould Brahim, I. Diagne, S. Tamba, F. Niang and G. Sissoko, (2011) « Characterization of the minimum effective layer of thermal insulation material tow-plaster from the method of thermal impedance », Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 3(4) : 337-343, ISSN : 2040-7459

[8] Cheikh Tidiane Sarr, Issa Diagne, Mamadou Lamine Sow, (2009) « Caractérisation des isolants thermiques cylindriques par une méthode analogique : Application au Kapok » J. Sci Vol. 9, N° 3, 32 – 46 (http://www.cadjds.org)

[9] G. Sissoko, M. Adji, D. Azalinon, V. Sambou, A. Wereme, (2001), « Characterization by thermal transient phenomena of concrete slab recuperating solar energy » Journal des Sciences, Vol. 1, N°2, Pp 36-46 (http://www.cadjds.org)

[10] M. S. Ould Brahim, S.Tamba, M.Sarr, A. Diène, I. Diagne, F. Niang, G. Sissoko, (2010) « Caractérisation d'un matériau isolant thermique filasse-plâtre à partir de l'impédance thermique en régime dynamique fréquentiel », Journal des Sciences, Vol. 10, N° 3, pages 46-54, (http://www.cadjds.org)

[11] Amen Yawo Nenonene , Koffi Koba, Komla Sanda, Luc Rigal, (2014) « Chemical composition and adhesive properties of extracts of tannin contained organs of some plants of Togo by agglomerating kenaf stem (Hibiscus cannabinus L.) particules », J. Soc. Ouest-Afr. Chim, Vol. 37, pages 49-55.

[12] Izran, K., Zaidon, A., Guenter, B., Abdul Rashid, A.M., Abood, F. and Rahim, S., (2010) « Optimizing Treatment System of Kenaf (Hibiscus cannabinus) Particleboard With Fire Retardants », Journal of Tropical Forest Science 22(2):175-183.

[13] J. Fourier « Théorie analytique de la chaleur », (2004) Editons Jacques Gabay.

[14] Y. Traore, S. Tamba, A. Diene, K. O. Cheikh, M. DIENG, E. H. B. M. Nyakhaté, I. Diagne, and G. Sissoko, (2017) « Study of the transfer of heat through a road in dynamic frequency regime: the influence of the extrinsic parameters », International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 20 N° 2, pages 616-623.